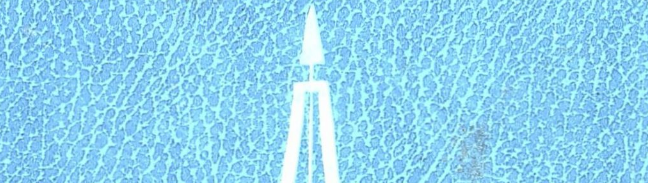
மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்

வி. மனுய்லாவ்



மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்

В.Е. Манойлов

Основы электробезопасности

Издательство "Энергия"
Ленинградское отделение

வி. மனுய்லாவ்

மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்

மீர் பதிப்பகம்
சோவியத் நாடு. மாஸ்கோ

நியூ செஞ்சுரி புக் ஹவுஸ் பிரைவேட் லிமிடெட்
சென்னை

தமிழாக்கம் : எஸ்.எஸ். சீனிவாசன், பி.இ., டி.எல்.எல்.

V. MANOILOV
FUNDAMENTALS OF
ELECTRICAL SAFETY

на тамильском языке

Art pools prepared by New Century Book House Private Ltd., Madras. Printed in USSR.

© English translation, Mir Publishers, 1975
© தமிழ் மொழிபெயர்ப்பு, மீர் பதிப்பகம், 1988

ISBN 5-03-000312-6

பொருளடக்கம்

முகவுரை 9

முதலாம் அத்தியாயம். விபத்துக்களைத் தவிர்த்தல் பற்றிய பொதுவான கருத்துக்களை வரையறுத்தல். 13

1-1 வரையறைகள் 13
1-2 முதலாளித்துவ நாடுகளில் தொழில் காயப்பாடு பற்றிய கருத்துக்கள் 21
1-3 முந்தைய ரஷியாவிலும் சோவியத் யூனியனிலும் தொழில் விபத்துக்கள் பற்றிய மனப்பாங்கு 24

இரண்டாம் அத்தியாயம். மின்னியல் காயப்பாடு வகைபாடுகளும் அறிக்கையளித்தலும். 30

2-1 வரலாற்றுப் பின்னணி 30
2-2 மின் விபத்தின் எண் காரணிகள், மின்காயங்களை வகைப்படுத்தல் 35
2-3 அறிக்கைகளின் தகவல்களை ஆராய்ந்து பயன்படுத்தல் 37
2-4 முதலாளித்துவ் நாடுகளில் மின் விபத்துகளின் தன்மைகள் 44
2-5 சோவியத் நாட்டில் மின் விபத்துக்கள் 47

மூன்றும் அத்தியாயம். மின் விபத்துக்கள் பற்றிய புள்ளி வரை ஆராய்ச்சி. 52

3-1 மின் காயங்களை இயக்க நிலை மின் அழுத்தம், மின் ஒட்டங்கள் கொண்டு ஆராய்தல் 52
3-2 தொழில்களையொட்டி மின் காயங்களை வகைப்படுத்தல் 61
3-3 மின் சாதனங்களின் வகைகளையொட்டி மின் காயங்களை வகைப் படுத்தல் 66
3-4 நிகழும் நேரத்தையொட்டி மின் விபத்துக்களை வகைப்படுத்தல் 83

நான்காம் அத்தியாயம். கருவிகள் கொண்டு மின் விபத்துக்களை ஆய்தல். 87

4-1 நுட்பம் 87
4-2 12-36 வோ அழுத்தங்களில் ஏற்படும் உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்கள் 89
4-3 220 வோல்ட் அழுத்தங்களில் ஏற்படும் விபத்துக்கள் 96
4-4 கருவி அளவீடுகளில் பகுப்பாய்வு முறையைப் பயன்படுத்தல் 100

ஐந்தாம் அத்தியாயம். மின் காயங்களின் இயக்கமும் இயல்பும். 108

5-1 பொது மதிப்புரை 108
5-2 உடலியங்கியல் மற்றும் உயிரியல் விளைவுகளாக மின்காயம் 111
5-3 சுவாசத் தொகுதியா? இரத்த ஒட்டத் தொகுதியா? 112
5-4 விழிப்புக் காரணி 121
5-5 மின்னோட்டப் பாதை 125
5-6 பாதிக்கப்பட்ட உறுப்புகளின் நிலை 129
5-7 சுற்றுப்புறக் காரணிகள் 133

ஆறும் அத்தியாயம். மனித உடல் இணைந்த மின் பாதை. 140

6-1 மனித உடல் இணைந்த மின் பாதையை அமைக்கும் மின்முனைகளும் மின்தடைகளும் 140
6-2 மனித உடலின் மின் தடையில் நரம்பு மண்டலத்தின் விளைவு 143
6-3 உயிர்த் திசுக்களின் மின் கடத்தும் திறன் 145

6-4 மனித உடலில் மின் தடையின் அக அமைப்பு (topography) 148
6-5 மனித உடலில் மின் தடையின் நேரியல்பு இன்மை (non-linearity) ... 151
6-6 மனித உடலின் மின் தடையின் கணக்கீடு 153
6-7 மனித உடலின் மின் தடையின் சம விளக்கப்படங்களும் மாற்றக் கால அலையைக் கண்டறிதலும் 163

ஏழாம் அத்தியாயம். ஆபத்தான மின் அழுத்தங்களும் மின் ஓட்டங்களும் . 171
7-1. மின் அழுத்தம் 171
7-2. மின்னோட்டம் 189
7-3. மின்னோட்டப் பாதையின் காலக் காரணி 209
7-4. மின் ஓட்டத்தின் வகைகளும் அதன் அலைவெண்ணும் 217
7-5. முடிவுகளும் செய்யத்தகு சிபாரிசுகளும் 222

எட்டாம் அத்தியாயம் மின் பாதுகாப்பில் அடிப்படை சாதனமாக மின் காப்பீடு 226
8-1. மின்பாதுகாப்பு நோக்கில் மின்காப்புப் பண்புகள் 226
8-2 மின் காப்பின் தேவைகளும் மின் காப்பின் தவிர்ப்புச் சோதனைகளும் 229
8-3 1,000 வோ கீழுள்ள பாதைகளில் மின் காப்பீட்டு தடையை அளவிடுதல் 237
8-4 1,000 வோ கீழுள்ள மின்னோட்டப் பாதைகளில் குறைந்த மின் காப்புத் தடையுள்ள முக்கிய இடங்கள் 242
8-5 தொடர்ச்சியான மின்காப்புத் தடையின் குறிப்பு 245
8-6 மின் காப்புத் தரைகள் - நம்பகமான பாதுகாப்பு சாதனங்களாகும் ... 250

ஒன்பதாம் அத்தியாயம். 1,000 வோல்ட்டு வரை உள்ள மின் அழுத்தச் சாதனங்களிலும் கட்டுமானங்களிலும் காப்பீடு பழுதுபடுவதால் ஏற்படும் அழுத்தத்தில் இருந்து பாதுகாத்தல் 257

9-1 1,000 வோல்ட்டு கீழ் உள்ள மின் அமைப்புகளில் காப்பீடு பழுதுகள் 257
9-2 தரை இணைப்பு - வரையறைகளும் பயன்களும் 260
9-3 நொதுமி தரை இணைப்பு - வரையறைகளும் பயன்களும் 266
9-4 தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட அல்லது நொதுமித் தரை இணைப்புள்ள சாதனங்களில் மின் அழுத்த ஏற்றதாழ்வு (1,000 வோல்ட்டிற்கு உட்பட்டவை) 273
9-5 தரை இணைப்பு நொதுமி தரை இணைப்பு ஆகியவற்றின் நம்பகத் தன்மையைப் பாதிக்கும் காரணிகள் 283
9-6 பாதுகாக்கும் துண்டிப்பு - வரையறைகளும் பயன்களும் 285

பத்தாம் அத்தியாயம். 1,000 வோல்ட்டு மேலுள்ள துணை மின் நிலையங்களில் நில இணைப்பின் வடிவமைப்பு 289

10-1 பொதுவான கருத்துக்கள் 289
10-2 துணை மின் நிலையங்களில் தரை இணைப்புக் கருவிகளின் கட்டுமானங்களில் செய்யப்படும் இயக்கங்கள் 294

10-3 தரை இணைப்பு கருவிகளின் வடிவமைப்புக்கான முதல் தகவல் 295
10-4 தரை இணைப்பு வடிவமைப்பின் இன்றியமையாமைகள் 299
10-5 சாதாரண மற்றும் சிக்கலான தரை மின்வாய்களின் வடிவமைப்பில் பலதரப்பட்ட மண்ணின் விளைவு 310
10-6 கட்டிடங்களுக்குள்ள மின் பகிர்வுச் சாதனங்களுக்குத் தரை இணைப்பு வடிவமைப்பு 315
10-7 இயற்கையான தரை மின்வாயின் கடத்தும் திறனைக் கணக்கிடுதல் ... 316

பதினொன்றும் அத்தியாயம். பாதுகாப்பு செந்தரங்களை அறிவியல் முறையில் நிர்வகித்தல் - மின் பாதுகாப்பு முறைகள் மனிதர்களைக் காக்கும் சாதனங்கள் - உடைகள் 319

11-1 மின்னியலில் அறிவியலான மேலாண்மையின் பொதுப்பிரசினைகள் ... 319
11-2 மின்சார விதிமுறைகள் 322
11-3 மின் அமைப்புக்களில் இயங்கும் செயலுக்கான வழி முறைகள் 326
11-4 முறைகள் மீறப்படுதல் 328
11-5 மனிதப் பாதுகாப்பு 331
11-6 மின் அழுத்தம் குறிக்கும் கருவிகள் 337
11-7 மின் சாதனங்களைப் பாதுகாப்போடு கையாளும் பொறுப்பு 345

பன்னிரண்டாம் அத்தியாயம். மின் பாதுகாப்பின் குறிப்பிட்ட பிரசினைகள் . 353

12-1 விலங்குகளுக்கான மின் காயங்கள் 353
12-2 தந்தி, தொலைபேசிக் கம்பிகளில் தூண்டப்படும் மின் அழுத்தங்களிலிருந்து மனிதர்களைப் பாதுகாத்தல் 358
12-3 இயக்கப்பட்டுள்ள உயர் மின்னழுத்தத் தொடர்களிலும் துணை மின் நிலையங்களிலும் வேலை செய்யும் ஆட்கள் மேல், மின்சார காந்தப் புலங்களின் விளைவுகள் 363
12-4 மின்புல விளைவுகளில் இருந்து மனிதர்களைப் பாதுகாத்தல் 371

Index 375

References 377

முகவுரை

ஜூலை 1970ல் நடைபெற்ற சோவியத்து நாட்டின் தலைமைப் பீடக் கூட்டம் "தொழிலாளர் சட்டங்களின் அடிப்படைகளை" விவாதித்து ஏற்றுக் கொண்டது.

அபாயமற்ற உடல் நலனுக்கொத்த வேலை நிலைமைகள், தொழிலாளர்கள் மற்றும் அலுவலக ஊழியர்களின் அடிப்படை உரிமைகளாக அங்கு கருதப்படுகின்றன. தொழில் பாதுகாப்பு விதிகளைக் கடைபிடிப்பது சட்ட பூர்வமானதும் ஆகவே கட்டாயமானதும் ஆகும்.

தொழிற்கட்டடங்கள், கட்டுமானங்கள் ஆகியவற்றின் வடிவமைப்பு, உற்பத்தி முறைகளை உருவாக்கல், கட்டுமானப் பணிகள் சாதனைகளைப் பராமரித்தல் இவைகளுக்குப் பாதுகாப்பு முறைகளும் நிலைத்தரங்களும் வகுக்கப்பட்டுள்ளன.

அம்முறைகளையும் நிலைத்தரங்களையும் நிச்சயிக்கும் அறிவியல் முறையில் நிறுவப்பட்ட அடிப்படைக் கருத்துக்களின் வளர்ச்சி காலத்தின் தேவைக்கொப்ப அவற்றில் செய்யப்படும் மாறுதல்கள், நாட்டுப் பொருளாதாரத்தில் எல்லாத் துறைகளிலும் ஏற்படும் அனுபவம் எல்லாம் சேர்ந்து மிக முக்கிய லக்ஷியத்தை நமக்கு அளிக்கின்றன.

அறிவியல் முறையிலமைந்த பாதுகாப்பு விதிகளாலும் முறைகளாலும் ஏற்படும் பயன்கள் கீழ்வருமாறு: (1) சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவதில் பாதுகாப்பு; (2) சாதனங்கள் பழுதுபடுவது குறைதல்; (3) பழுதுகளிடையே சாதனங்கள் பயன்படும் நேரத்தை அதிகரித்தல்.

ஆகவே பாதுகாப்பு முறைகள் உற்பத்தித் திறனை உயர்த்துவதிலும் வேலை நிலைகளைச் சீராக்குவதிலும் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

மின் சாதனங்களைப் பொருத்தவரையில் இது முற்றிலும் உண்மையாகும். லெனின் அவர்களால் துவக்கி வைக்கப்பட்ட தேசிய மின்மயத் திட்டம் வேகமாக முன்னேறிக் கொண்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு ஆண்டும் அதிக மின் ஆற்றல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பல இலட்சம் மின் சாதனங்கள் இயக்கி வைக்கப்படுகின்றன. பல்லாயிரக்கணக்கான நீளமுள்ள மின் பெரும்பாதைகள் அமைக்கப்படுகின்றன. தேசிய மின்மயமாக்கும் திட்டத்தைச் செயல்படுத்தும் பொருட்டு மின் விபத்துக்களைத் தடுக்கவும், நிறுத்தவும் விரிவான திட்டம் தேவைப்படுகிறது.

ஆசிரியர் இயற்றிய "மின் பாதுகாப்புப் பிரசினைகள்" எனும் நூலில் இந்தப் பொருள் எடுத்தாளப்பட்டுள்ளது. முதலில் ஏன் மின் விபத்துக்கள் இன்னும் நிகழ்கின்றன எனும் கேள்விக்குப் பதிலளிக்கையில் ஆசிரியர் கீழ்க்காணுமாறு கூறுகிறார்: "ஆபத்து விளைவிக்கும் மின் ஓட்ட அபாய அலகை நிர்ணயித்தலின் துவக்க நிலையில் உள்ள குறைகளும் அதற்குக் காரணமாகும்". ஆகவே

பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் பற்றிய மாறுபட்ட கருத்துக்கள் அதனைத் தொடர்கின்றன. அதைத் தவிர விபத்துக்கள் பற்றிய பரிசீலனை மருத்துவர்களுக்கும் பொறியாளர்களுக்குமிடையே போதுமான இணக்கமின்றி நடத்தப்பட்டுள்ளது.

ஆகவே காப்பு நடவடிக்கைகளுக்கு விபத்துப் புலனாய்வு முழுமையாகப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. பொறியாளர்களும் மருத்துவர்களும் இணைந்து பங்கேற்று ஆராய்ச்சி நடத்துவதன் மூலம் மின் பாதுகாப்பு தொடர்பான பல மாறுபட்ட பிரசினைகளைத் தீர்க்கலாம். ஆனால் அப்படி இணக்கமான ஆராய்ச்சி அரிதாக இருப்பது வருந்தத்தக்கதே. உலக ஏடுகளில் இன்று கிடைப்பது ஆசிரியர் மருத்துவரா, பொறியாளரா என்பதைப் பொருத்து ஒரு சார்பாக அமைந்த பாதுகாப்பு நூல்களேயாகும்.

இந்த நூலின் ஆசிரியர் ஒரு பொறியாளரே ஆவார். அது இந்தப் பொருள் பற்றி அவரது எண்ணச் சார்பினை நிர்ணயிக்கிறது. இன்று மின் ஓட்டத்தின் அபாயகரமான அலகுகள் பற்றி உள்ள பல கருத்துக்கள் விபத்துக்களின் விளைவுகளை நிர்ணயிப்பதற்குப் பல நிகழ்ச்சிகளில் பயன்படா என்று ஆசிரியர் நிலை நிறுத்தியுள்ளார். ஆகவே இவ்வாசிரியர் மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகள் பற்றி மிகுதியான தடயங்களின் பேரில்தான் மின் ஓட்ட ஆபத்து அலகுகள் பற்றித் தனது கருத்துக்களையும் மின் சாதனங்களைப் பத்திரமாகவும் நம்பகமாகவும் குறைந்த செலவோடு கையாளுதற்கான தனது சிபாரிசுகளையும் அளித்துள்ளார்.

இந்தப் புத்தகம் மின்சாரப் பாதுகாப்பு பிரசினைகளை முழுமையாக மதிப்பிட உதவுகிறது என ஆசிரியர் நம்புகிறார். இப்பிரசினையின் ஆய்வினுல் மருத்துவர்களும் பொறியாளர்களும் நெருங்கி ஒத்துழைப்பதால் மட்டுமே பிரசினையைத் தீர்க்க முடியும் என்று தெரிகிறது.

"மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகள்" என்ற புத்தகம் கிர்கிஸ் விஞ்ஞானக் கழகத்தின் உறுப்பினரான காலஞ்சென்ற பேராசிரியர் ஜி. எல். ஃபிரென்கெல் டி.எஸ்.சி. அவர்களால் சரிபார்க்கப்பட்டது. தனது முன்னுரையில் அவர் கூறியதாவது:

"பொறியாளர் எழுதிய நூலை மருத்துவர் சரிபார்ப்பதின் காரணம் என்ன? நாம் சாதாரணமாக நினைப்பதற்கு மேல் அந்த ஒத்துழைப்புத் தேவை என்பதை அதற்கான விளக்கம் உறுதி செய்யும். மின் விபத்து தொழில் நுட்பம், மருத்துவம் கலந்த பிரசினையாகையால் மேற்படி ஒத்துழைப்பு சரியானதே. கல்விக்கழக உறுப்பினர் பைகாவ் மின் விபத்து பொறியாளர் மட்டுமோ, மருத்துவர் மட்டுமோ தனியே தீர்க்கக் கூடியதல்ல என்று அறுதியிட்டுக் கூறியுள்ளார். பொறியாளர் மட்டும் கையாண்டால் மருத்துவப் பகுதிகள் மேம்போக்காக ஆராயப்படும். மருத்துவர் கையாளுகையில் தொழில் நுட்பப் பகுதிகள் புரியாத முறையில் அணுகப்படும்.

மின் விபத்துக்கள் சம்பந்தமான புத்தகம் மருத்துவர், பொறியாளர் இருவரும் ஒருங்கிணைந்து இயற்றினுலே மருத்துவர் பொறியாளர் இரு சாராருக்கும் பயன்படுவதாக அமையும். ஆனுல் இதற்குச் சம்பந்தமான

நூல் ஒரு தொழிலைச் சார்ந்தவருக்கு மிகுதியாகத் தேவைப்படக் கூடும். அப்போது அந்தத் தொழிலைச் சேர்ந்தவராலேயே இயற்றப்பட முடியும். அப்போது மற்றொரு தொழிலைச் சார்ந்தவரால் அது சரிபார்க்கப்பட வேண்டும். இந்தப் புத்தகம் அத்தகைய ஒத்துழைப்பைக் காட்டுகிறது. இந்த இணக்கம் நியாயமானது. ஏனெனில் ஆசிரியர் உடல் இயங்கியல், உயிர் இயல்பியல் கூறுகளைக் கூறுவதோடு மட்டுமின்றி மின் ஒட்ட விளைவுகள் பற்றிய தனது முடிவுகளையும் குறுகிய அளவு மின் ஒட்டத்தாலும் சில சமயங்களில் ஏற்படும் பெருமளவு ஆபத்துக்கள் பற்றிய முடிவுகளையும் அவற்றை ஒட்டியே நிலை நாட்டியிருக்கிறார்.

ஆசிரியரது சில அனுமானங்கள் நன்கு விளக்கப்படவில்லை. ஆயினும் ஆசிரியரின் பரந்த அனுபவத்தின் பேரில் அவை இருப்பதால் அவற்றில் ஆதாரமிருக்கலாம். மேலும் ஆசிரியரது கருத்துக்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ள பல அறிக்கைகளால் உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளன.

எப்படியிருப்பினும், ஆசிரியரது கருத்துக்கள் நெடுநாள் கருத்துக்களுக்கு எதிராக இருப்பினும் விரைவானவை. ஏனெனில் சரியான முடிவுகள் பலரது ஒத்த முயற்சிகள் மூலம் பலதரப்பட்ட நிபுணர்கள், வாசகர்கள் விவாதங்களின் மூலமும்தான் வெளிவரும்''.

ஆசிரியருக்குக் கிடைத்த புதிய தகவல்கள் பல நிலைத்துப்போன எண்ணங்களுக்கு எதிரானவை. ஆகவேதான் ஆசிரியர் ''மின் பாது காப்பு பிரசினைகள்'' என்ற தனது புத்தகத்தைத் திருத்தி ''மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்'' என்ற புத்தகமாக லெனின்கிராடி லுள்ள ''எனெர்ஜியா'' பதிப்பகம் மூலம் வெளியிட்டார்.

இப்போது வாசகர்களுக்கு அளிக்கப்படுவது அதன் இரண்டாம் பதிப்பு. தனது புத்தகத்தைப் பற்றி ஐந்து தொழில் நுட்பப் பத்திரிக்கைகளிலும் ஒரு மருத்துவப் பத்திரிகையிலும் வந்த மதிப் புரைகளையும் சில வாசகர்களின் சிபாரிசுகளையும் கருத்தில் கொண்டு இப்புத்தகத்தை இயற்றியுள்ளார்.

வாசகர்களுக்குத் தானியங்கும் பாதுகாப்பு சேவை அமைப்புகள் பற்றி அதிக தகவல்கள் தேவைப்பட்டிருக்கலாம். அவற்றை ஆசிரியர் தந்துள்ளார். தானியங்கு பாதுகாப்பு சாதனம், உயர் அழுத்தப் புலங்களிலிருந்து ஆட்களைக் காத்தல் ஆகியன புதியன. ஆசிரியர், மனிதர்களைக் காக்கும் முறைகள் பற்றி அதிகக் தகவல்கள் அளித் துள்ளார். பல சூத்திரங்களைத் திருத்தியுள்ளார்.

புது தகவல்களின் அடிப்படையில் இப்புத்தகத்தின் அமைப்பு தேவையோடு மாற்றப்பட்டுள்ளது. ஆயிரம் வோல்டிற்குக் கீழுள்ள அமைப்புகளில் நொதுமி (Neutral) இயக்கம் பற்றிய ஒத்துப் பார்த்து மதிப்பிடும் அத்தியாயம் நீக்கப்பட்டுள்ளது. பல பிரசினைகளைப் பற்றிய விவாதங்கள் மாற்றிக் குறைக்கப்பட்டுள்ளன. பிரசினையைப் பரிசீலிக்கும்போது ஆசிரியர் பெற்ற புதிய முடிவுகளின் அடிப்படை யில் இப்புத்தகம் மாற்றியமைக்கப்பட்டுள்ளது.

வாசகர்களின் சாயல் இப்போது தெளிவாக வரையறுக்கப்பட் டுள்ளது. மின்சாரப் பாதுகாப்பின் நிலையினைப் பற்றி விரிவாக

விளக்குவதோடு அதனை மேம்படுத்தும் முறையினையும் விளக்குவதால் இந்த நூல் மின் பொறியாளருக்கும் மின் பொறியியலோடு தொழிலாளர் பாதுகாப்பு படிக்கும் மாணவருக்கும் மின் விநியோகம், தொழிற்சங்க ஆய்வுத் துறைகளைச் சேர்ந்தோருக்கும் பயனளிக்கும்.

ஆசிரியர் தனது நன்றியினை பேராசிரியர் கான்ஸ்டான்டினோவுக்கும், எம். கிளாசெனுப், ஏ. ஜெக்ஸோவுக்கும் அவர்களது பங்கினிற்காகவும், 10 வது அத்தியாயத்தை எழுதியதற்காக டுபின்ஸ்கிக்கும் தெரிவித்துக் கொள்கிறார். ''மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகள்'', ''மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்'' ஆகிய இரண்டு புத்தகங்களையும் சரிபார்த்த ஜி. ஃப்ரென்கல் அவர்களின் மதிப்புள்ள கருத்துக்களும் இங்கு கையாளப்பட்டுள்ளன. முதல் ரஷியப் பதிப்பில் ஜி. ஃப்ரென்கலால் கொடுக்கப்பட்டுள்ள குறிப்புக்கள் இந்தப் பதிப்பிலும் உள்ளன.

''மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்'' என்ற நூலின் தமிழாக்கம் ஆங்கில மொழி பெயர்ப்பிலிருந்து செய்யப்பட்டது (மீர் பதிப்பகம், மாஸ்கோ, 1975). புத்தகத்திலும் குறிப்பேடுகளிலும் சில மாற்றங்களும் சேர்க்கைகளும் செய்யப்பட்டுள்ளன. மின்காயங்களின் புள்ளி விவர ஆய்வு ஐரோப்பிய மற்றும் சோவியத்து நாட்டின் விவரங்களிலிருந்து செய்யப்பட்டுள்ளது. இதன்பொழுது மின்பாதுகாப்பு தத்துவங்கள் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளன. 1970க்கு முன்பான குறிப்பேடுகள் நீக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் இந்திய தட்ப வெப்ப நிலைக்கேற்ப சில விவரங்களும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

50 வருடங்களாக மின்காயங்களை ஆய்ந்ததின் மூலம் கிடைக்கப்பட்ட விவரங்களின் அடிப்படையில் சில மின்பாதுகாப்புத் தத்துவங்கள் இந்நூலாசிரியரால் செய்யப்பட்டுள்ளன.

இந்நூல் மின்பொறியியல் வல்லுனர்களுக்கும் மின்தொழில் நுட்பக் கல்லூரி மாணவர்களுக்கும் தொழில் பாதுகாப்பு பொறியியல் வல்லுனர்களுக்கும் தொழில் நுட்பக் கண்காணிப்பாளர்களுக்கும் வேண்டிச் செய்யப்பட்டது. மேலும் மருத்துவ ஆய்வாளர்களுக்கும் காய அறுவை நிபுணர்களுக்கும் ஓரளவு ஆர்வம் ஊட்டக் கூடியதாக இருக்கக்கூடும்.

முதலாம் அத்தியாயம்

விபத்துக்களைத் தவிர்த்தல் பற்றிய பொதுவான கருத்துக்களை வரையறுத்தல்

1-1. வரையறைகள்

அடிப்படைக் கொள்கைகளையும் வரையறைகளையும் அமைத்து விளக்கிய பின்னரே விஞ்ஞான வளர்ச்சி ஏற்பட இயலும். அது எவ்வளவு விரைவில் அமைகிறதோ அவ்வளவு வேகமாக விஞ்ஞான முன்னேற்றம் அமையும். பல்வேறு அறிவுகளின் எல்லைகளில் பரிணமிக்கும் விஞ்ஞானத் துறைகளில் விளக்கமான வரையறைகள் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன. அதனாலேதான் பொறியாளர்களையும் மருத்துவர்களையும் சட்ட நிபுணர்களையும் திருப்திப்படுத்தும் விபத்துத் தவிர்த்தல் பற்றிய சொல்லாட்சியோடு மருத்துவம், பொறியியல் ஆகிய இரண்டு பக்கங்களிலும் அலசி ஆராய்ந்து மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகளை அணுகும் நூலினை எழுதத் துவங்குதல் நலம் எனக் கருதுகிறோம்.

பாதுகாப்பு விதிகளைக் கடைப்பிடிக்காமையாலும் சாதனங்களைப் பேணும் முறைகளை மீறுதலாலும் ஒரு நபர் காயப்படுத்தப்பட்டாலும் அபாயம் நேரிடும் நிலையில் வைக்கப்பட்டாலும் சம்பந்தப்பட்ட பொறியியல், நிர்வாக அலுவலர்களைச் சோவியத் சட்டம், சட்டபூர்வமான பொறுப்பாளி ஆக்குகிறது. ஆகவே காயம் எனும் சொல்லின் தெளிவான கருத்து ஒரு மனிதனுக்குக் கெடுதல் விளைவித்த விபத்தினோடு தொடர்பு கொண்டோரின் சட்ட ரீதியான பொறுப்புக்களை நிர்ணயிக்கிறது. காயம் மற்றும் விபத்துத் தடுப்புத் துறைகளை ஒட்டிய சொல்லாட்சி முறைகள், சோவியத்து மற்றும் வெளி நாட்டு பதிப்பேடுகளில் புறக்கணிக்கப்படவில்லை. விபத்து, காயம், காயப்பாடு, காயப்பாட்டியல் முதலியன பல இடங்களில் விவாதிக்கப்பட்டு விளக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆகவே சில நிபுணர்கள் தற்போதுள்ள வரையறைகளை அப்படியே எடுத்துக்கொண்டுள்ளனர். விபத்துத் தவிர்த்தல் பற்றிய காயப்பாடு ஏடுகள் தொழில் நுட்பத் துறையிலுள்ளோர் இந்தச் சொற்களைச் சரியாகப் பயன்படுத்துவதில்லை என்றும் அவரவர் எண்ணப்படி பொருள் கொள்கின்றனர் என்றும் காட்டுகின்றன. முறையான விபத்தறிக்கைகளிலே அத்தகைய சொல்லாட்சியும் தன் போக்கில் புரிந்தாளுதலும் வழக்கமாகி விட்டன.

காரணம் சில ஆசிரியர்கள் குறிப்பிட்ட சொல்லாட்சியை அறியாமையே. சொல்லகராதிகள் அரிதாகவே கிடைப்பதும் அவற்றைக் கையாளும் பத்திரிக்கைகள் இல்லாமையுமே அதன் காரணங்கள்.

தொழிலியல் காயங்களையும் விபத்துத் தவிர்த்தலையும் பற்றிய அடிப் படைச் சொற்களையும் தன்போக்கில் பயன்படுத்தலுக்கும் தவருகப் புரிந்து கொள்ளுதற்கும் வேருெரு முக்கியக் காரணம் உண்டு. விபத்துக்காளானவனை மீட்டு, காயம் ஆற்றும்போது ஏற்படும் அனுபவங்களை வைத்து இந்தச் சொற்கள் உருவாகின. ஆகவே அவ்வாறு செய்த மருத்துவர்கள் தங்கள் மருத்துவக் கூறுபாடுகளை வரையறைகளில் புகுத்தினர்.

விபத்துக்களும் ஆபத்துச் சூழ்நிலைகளும் அதிகமாக ஆக, விபத்துத் தவிர்க்கும் நடவடிக்கைகள் காயம் ஆற்றலை மட்டும் உள்ளடக்கியவை அல்ல என்பது தெள்ளத் தெளிவாகின்றது.

காயப்பாடு — சமுதாய முக்கியத்துவம் பெற்றது. மருத்துவத்தை மட்டும் சார்ந்ததல்ல. அமைப்பு ரீதியிலும் தொழில் நுட்ப ரீதியிலும் மேம்பாடுகள் செய்வதின் மூலமே விபத்துக்களைத் தவிர்க்கவோ ஒழிக்கவோ இயலும். சாதனங்களின் நம்பகத் தன்மையை அதிகரித் தல், அவற்றின் ஆயுளை நீட்டித்தல், சரியான பராமரிப்பு, பொறிகளைப் பாதுகாப்போடு கையாளப் பராமரிப்புத் தொழிலாளரை அறிவுறுத் தல் ஆகிய வழிமுறைகளே விபத்துத் தவிர்த்தலின் முக்கிய வழிகள். தற்போதைய சொல்லாட்சி, பொறியியல் மற்றும் மருத்துவக் கருத்துக் களடங்கிய பரந்த கோட்பாடுகளையும் வரையறைகளையும் தழுவி அமைதல் வேண்டும்.

அடிப்படைச் சொற்களை அறிதலின் ஒருதலைப் போக்கு, சில சொற்களின் உபயோகமின்மை ஆகியவற்ருல் ஒரு பக்கம் ஆபத்தான துறைகள் கவனிக்கப்படாமலிருக்கின்றன. சில இடங்களில் தேவைக்கு மேல் அதிகம் செலவு செய்யும் சூழல் உருவாகிறது.

1957 முதல் 1960 வரை ''ஆர்டோபெடிக்ஸ், டிராமடாலஜி அன்டு புராஸ்தெசிஸ்'' எனும் பத்திரிக்கையில் வெளிவந்த சுவையான விவாதத்தோடு நாம் சொல்லாட்சியை ஆராய்வோம். விவாதத் திற்குரிய கட்டுரையை எழுதிய ஆசிரியர் டார்ஞபால்ஸ்கி என்பவரும் அவ்விவாதத்தில் பங்கு கொண்டோரும் காயம் என்பது ஒரு செயலைக் குறிப்பிடுவதில்லை, ஒரு செயலின் விளைவையே குறிப்பிடுவது என்று நிலை நாட்டினுர்கள். ஆகவே ''ஒரு மனிதன் மீது, சூழ்நிலைகளின் அசாதாரண விளைவுகளின் பயனுய் உடலியக்கத்தின் ஒரு பகுதியிலோ, பொதுவாகவோ ஏற்படும் எதிர்வினையுடன் உடற்கூறுகளின் உறவிலும் திசு அல்லது உறுப்பின் இயக்கத்திலும் ஏற்படும் சீர்குலைவு'' — ''காயம்'' என்று கருதப்படுகிறது.

இந்த வரையறை தவறெனப்படாவிட்டாலும் காயங்களின் வகைப் படுத்தல் சந்தேகத்துள்ளாகிறது.

காயங்கள் கீழ்க்காணும் தொகுதிகளாக மேலும் பிரிக்கப்படு கின்றன :

1. தொழில் பற்றியன.
2. தொழிலல்லாதன :

அ) போக்குவரத்து தொடர்புள்ளன;
ஆ) நடந்து செல்லும்போது ஏற்படுவன;
இ) விளையாட்டுக்கள் பற்றியன;
ஈ) வீட்டில் ஏற்படுவன.

முதல் மூன்றும் மனித உடலில் ஏற்படும் மோதல் (மெகானிகல்) காயங்களைக் குறிப்பிடுகின்றன. கடைசி தொகுதி எரி புண், மின் காயங்கள் இவற்றோடு மோதல் (மெகானிகல்) காயங்களையும் உள்ளடக்கியுள்ளது. வீட்டில் ஏற்படுவன என்பதின் பொருள் முற்றிலும் விளங்கவில்லை.

சோவியத் ஒன்றியத்தின் சுகாதார அமைச்சு கீழ்க்காணும் பகுதிகளாகத் தொழில் காயங்களை வகுக்கிறது:

1) மெகானிகல் (மோதல்);
2) எரி புண்கள் (வெப்பவியல், வேதியியல், மின்னியல்);
3) பனி வெடிப்புகள் அல்லது பனிக்கடிப்புகள்;
4) வெப்ப அதிர்ச்சி;
5) பிற தொழில் காயங்கள்.

இந்த வகைபாட்டிலும் குறைபாடுகள் உண்டு. இது கதிரியக்க எரி புண்களைக் குறிப்பிடவில்லை. மின் ஓட்டத்தினால் ஏற்படும் காயங்கள் பலவற்றில் எரி புண்கள் ஏற்படாவிட்டாலும் மின் காயங்களை எரி புண் வகையிலேயே இது குறிப்பிடுகிறது. செவிப் புலனிலும் கண் புலனிலும் ஏற்படும் காயங்கள் தனிப்பட்ட ஆய்வும் தனி ஆராய்ச்சி முறைகளும் பாதுகாப்பு முறைகளும் தேவைப்படுவன. ஆயினும் அவை தனியாக வகைப்படுத்தப்படவில்லை.

இப்போதைய வகுபாட்டில் உள் நாட்டிலும் சரி, வெளி நாட்டிலும் சரி, தொழில் காயங்கள் மேலும் தொழில், வேளாண்மை காயங்களாகப் பகுக்கப்படுகின்றன. இன்றைய தினம் கிராமப் புறங்களில் பல்வேறு பணிகள் தானியல்மயமாக்கப்பட்டும் மின்சார மயமாக ஆக்கப்பட்டும் தொழில் முத்திரை பெற்றிருக்கும் பொழுது இத்தகைய பாகுபாடு ஒவ்வாததாகும்.

இத்தகைய சூழ்நிலையில் விபத்துக்களைத் தேசிய பொருளாதாரத்தின் பிரிவுகளையொட்டிப் பிரித்தலே பொருத்தமானதாகும். உதாரணமாக, கட்டுமானப் பணி, மின் பொறியியல் தொழில், சுரங்கத் தொழில், முதலீட்டுப் பொருள் தொழில், மக்கள் நுகர் பொருள் தொழில், வேதியல் தொழில், போக்குவரத்து, அஞ்சல், தொலைவரி, வேளாண்மை, மரத்தொழில் பொதுப் பணித் துறைகள், விளையாட்டு, இல்லத்தோடு இயைந்தது எனப் பலவகையான துறைகளில் நிகழும் விபத்துக்கள் என்று குறிப்பிடுவதே சரியாகும். நிகழும் இடத்தையொட்டியே காயங்கள் வகைப்படுத்தப்பட வேண்டும் என்ற அடிப்படையிலேயே மேற்படி பிரிவுகள் அமைகின்றன. ஒவ்வொரு பகுதியும் மேலும் இயக்கக் காயங்கள், எரி புண்கள், மின் காயங்கள், நஞ்சுண்ணுதல், கதிரியக்க ஆபத்து என்பன போன்று பிரிக்கப்பட வேண்டும்.

மேற்காணும் முறைகளே அகில உலக அளவிலே காயங்களை வகைப்படுத்தலை விரிவாகவும் தெளிவாகவும் வளர்க்கப் பயன்படுத்தப் பட வேண்டும். அது அவசியத் தேவை என எங்களுக்குத் தோன்றுகிறது. இந்த நாட்டிலும் வேறு நாடுகளிலும் காயங்களின் பொது வகை பாடுகள் பற்றிச் சென்ற 5 ஆண்டுகளில் யாதும் செய்யப்படவில்லை என்று ஒப்புக் கொள்ள வேண்டியுள்ளது.

காயப்பாடு எனும் சொல் பற்றி மேலும் ஆராய்வோம். இந்தச் சொல் வேறுபட்ட காலங்களில் ஐ. ருஃப்பனோவ், ஜி. எப்ஷ்டின், வி. கோரினீஸ்காயா என்பவர்களால் வரையறுக்கப்பட்டது. அவர்களது கோட்பாடுகளின் அடிப்படையில் பெரிய சோவியத் என்சைக்ளோபீடியாவின் இரண்டாவது பதிப்பான 43ம் நூலில் "காயப்பாடு" வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது: "காயப்பாடு என்பது வேலை, வீடு, விளையாட்டுக்கள், போர்க்காலம் ஆகியவற்றில் அதே நிலைகளில் சில வகை மக்களுக்கு மீண்டும் ஏற்படும் காயக்கேடுகளைக் குறிக்கின்றது".

எஸ். ஃபீரிட்லின் [117] என்பார் வகுத்த மேலுமொரு வரையறை இதனுக்குப் பின் ஏற்கப்பட்டுள்ளது. அதன்படி: "காயப்பாடு" எனுங்கோட்பாடு, குறிப்பிட்ட கால கட்டத்தில், குறிப்பிட்ட மக்களுக்குப் புதிதாக ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ள காயங்களின் சேர்ப்பினை குறிப்பதாகும்".

இவ்விருவரையறைகளும் பெரிதும் வேறுபடுகின்றன. முதல் வரையறையின் மேம்பாடு அதில் "மீண்டும்", "அதே நிலைகளில்" எனும் சொற்களைப் பயன்படுத்துவதால் ஆனது. "காயப்பாடு" என்பது எங்கேயோ எப்போதோ ஓரளவுக்கு ஒரே நிலைமைகளாலும் காரணங்களாலும் தொடர்புள்ள ஒட்டு மொத்தமான விபத்துக்களைக் குறிக்கின்றன. இரண்டாம் வரையறையில் இந்த முக்கியக் காரணி எடுத்துக் கொள்ளப்படவில்லை.

ஆனபோதிலும் முதல் வரையறையும் முழுமையானதாக இல்லை. "காயக்கேடு" எனும் சொல் சரியாகத் தோன்றவில்லை. நாம் ஏற்கெனவே கூறியுள்ளபடி காயப்படல் ஆனது விளைவையே குறிக்கும். அதாவது ஏற்பட்ட காயத்தினையே குறிக்கும். ஆகவே இச்சொல் காயத்தின் கோட்பாட்டைத் தேவையற்றுத் திரும்பக் கூறுகிறது. மேலும் முதலாம் வரையறை காயக் கோட்பாடு ஒரு கால கட்டத்தை (சாதாரணமாக ஒரு வருடம்) ஒட்டி நிர்ணயிக்கப்பட வேண்டும் என்பதைக் குறிப்பிடவில்லை. இரு வரையறைகளும் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கைக்கும் சம்பந்தப்பட்ட மக்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள தொடர்பினை குறிப்பிடவில்லை. போக்குவரத்துக் காரணங்களால் ஏற்படும் காயக் கேடுகளும் அவற்றில் காணப்படவில்லை.

ஆகவே மேற்சொன்ன எந்த வரையறையும் குறைபாடற்றுக் காணப்படவில்லை. நாங்கள் கீழ்க்காணும் வரையறையைச் சொல்ல விரும்புகிறோம்.

காயப்பாடு என்பது குறிப்பிட்ட வகை மக்களுக்கு வேலை, வீடு, போக்குவரத்து, விளையாட்டு, போர்க்காலம் ஆகிய தொடர்பான ஒரே நிலைமையில் மீண்டும் காயங்கள் ஏற்படுதலைக் குறிப்பிடுகிறது. இது குறிப்பிட்ட கால கட்டத்தில் (சாதாரணமாக ஓராண்டு) ஆயிரம் தொழிலாளிகளிலோ அல்லது பத்தாயிரம் அல்லது லட்சம் மக்களிலோ நிகழும் காயங்களின் எண்ணிக்கையாகக் குறிப்பிடப் படுகிறது.

மேற்காணும் வரையறை ''தொழில் விபத்து'', ''ஆபத்தான இடம்'' போன்ற முக்கியமான பின்னர் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்பட விருக்கும் சொற்களை நிலைநாட்டுவதற்கு உதவும்.

முதல் வரையறை காலம், இடம் ஆகியவற்றில் ஒரு நிலைமைக்கான பலதரப்பட்ட அவசர நிலைமைகளிலும் எதிர்பாராத சந்தர்ப்பங்களி லும் காயம் உண்டாக்கும் விபத்துக்களைக் குறிக்கிறது. மேலே கூறிய விவாதங்களில் பங்கு கொண்டு சில ஆசிரியர்கள் மேற்கூறும் வரையறையினையை அது விபத்துத் தவிர்த்தலைப் பற்றி ஒன்றுங்கூறாத காரணத்தால் தவறென வாதிட்டனர். இந்த எதிர்ப்பு ஆதாரமற்றது என நாம் கருதுகிறோம். ஏனென்றால் தற்செயலாய் நிகழும் விபத்துச் சந்தர்ப்பம் அவசியத்தின் ஒரு வடிவம். இரண்டு தத்துவங்களும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பானவை. ஆகவே ''விபத்து'' எனும் சொல் விபத்துத் தவிர்க்கும் பணியாளரை ஊக்கமிழக்கவோ விபத்தின் உண்மைக் காரணத்தைத் தேடியறிவதிலிருந்து அவர்களைத் தடுக்கவோ கூடாது.

விபத்துக்களாலானவை எனச் சில காயக்கேடுகளை வகைப்படுத்த லால் எல்லாக் காயங்களிலிருந்தும் அவற்றைப் பிரித்தெடுத்து பய னோடு தவிர்க்க முடியும்.

விபத்துக்களுக்கும் ஒரே நிலைகளில் மீண்டும் ஏற்படுதலால் காயப் பாட்டின் கீழ் வரும் காயக்கேடுகளுக்கும் இடையே எல்லைக் கோட் டினை வரைதலை எதிர்ப்பதானது தொழில் விபத்துக்களால், தொழி லாளர்களுக்கு முன்பு நேர்ந்த காயங்களின் காரணங்களை அறிவதைப் பாதிக்கக் கூடும். ஆகவே விபத்து எனும் சொல் அனைவராலும் ஒப்புக் கொள்ளப்பட வேண்டும் என்பதே எமது கருத்து.

மேலாண்மை, சட்ட வாயிலான குறிப்புகளில் இச்சொல்லிற்கு மேலுமொரு முக்கியத்துவம் உண்டு. ஆகவே காயத்தால் ஏற்படும் எந்த வேலை செய்ய முடியாததாலும் விபத்தாகக் கொள்ளப்பட வேண்டும்.

''ஆபத்தான பகுதி'' என்ற சொல்லும் சட்டமாயிருக்க வேண்டும். மருத்துவ நோக்கிலே இந்தச் சொல் முழுமையானதாகத் தோன்றுது. ஏனெனில் மருத்துவர்கள் தொற்று நோய்களைக் குறிக்குங்கால் ''பகுதி'' எனும் சொல்லைக் குறிப்பிடுகின்றனர். சொல்லாட்சியைப் பற்றி விவாதிக்கும்போது இத்தகைய வரையறைகளின் தேவையினை நாம் வலியுறுத்தினோம். இவ்வரையறைகள் மருத்துவம் மட்டுமன்றி

தொழில் நுட்பத்தையும் தழுவியதாக இருத்தல் வேண்டும். இக்குறிப்பிட்ட சொல்லானது இது போன்ற சேர்க்கைக்கான உதாரணமாகும்.

ஆபத்தான பகுதி என்பது ஒரு இடமாகும். (உதாரணமாகப் பணிமனை, தொழிலகம், ஒரு அறை, தொழிற்பகுதி). அங்கு இருக்கும் அபாயமான நிலைகள் மீண்டும் மீண்டும் விபத்தினை விளைவிக்கும் தன்மையுடையதாகும்.

சோஷலிச உற்பத்தி முறைக்கு மாறுபடுவதால் ஆபத்தான பகுதி இந்நாட்டில் இருப்பது கண்டனத்துக்குரியது. சோவியத் தொழிலகங்களிலே பெரும்பாலானவற்றில் காயப்பாடு தற்போது முழுமையாக நீக்கப்பட்டு விட்டது அல்லது பெரிதும் கட்டுப்படுத்தப்பட்டு விட்டது என்று தெரியவருகிறது. இன்னும் "ஆபத்தான பகுதிகள்" இருந்து வருகின்றன என்பதை மேற்கூறிய காரணங்களால் ஒதுக்குவது மிகத் தவறாகும். அலுவலகக் குறிப்புக்களில் "ஆபத்தான பகுதிகள்" இன்னும் உள்ளன எனக் குறிப்பிடுதல் அந்தப் பணிமனைக்கோ, தொழிற்சாலைக்கோ, தொழிற்பிரிவிற்கோ பயனளிக்கக் கூடியதாகும். ஏனெனில் மேலதிகாரிகள் விபத்துத் தவிர்த்தலில் முழு முயற்சி செய்ய அது ஊக்குவிக்கிறது.

காயக்கேடு விளைவிப்பன பற்றி நாம் ஆராய்வோம். காயக்கேடுகளின் காரணங்களை மதிப்பிடுதல் பற்றி பல்வேறு வெளியீடுகளில் காணப்படும் தகவல்கள் முரணாக இருக்கின்றன. "ஆபத்தான பகுதியை" வெளிக்காட்டுவதற்கு முக்கிய முதல் தேவை காயக்கேடுகளின் காரணத்தை அறிவதேதான்.

எல்லாக் காயக்கேடுகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட காரணத்தால் ஏற்படுகின்றன என்பது வெளிப்படையாகும். விபத்துத் தவிர்க்கும் வேலை முறைகளைக் கணிப்பதற்காக மேற்படி காரணங்களை எவ்வளவு விரைவாக வெளிக் கொணர முடியுமோ அவ்வளவு விரைவாக வெளிக் கொணர வேண்டும்.

எங்கள் நோக்கிலே, எல்லாக் காயக்கேடுகளும் கீழ்க்காணும் அடிப்படைக் காரணங்களால் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன :

1) சரியான நிலையில்லா சாதனங்கள் அல்லது மனித உடலியக்கத்தைப் பாதிக்கக்கூடிய சாதனங்கள்.

2) சாதனங்களின் ஆபத்தான விளைவுகளையோ வேறு நடப்பியல் காரணங்களையோ வெளிக்கொணரும் தீங்கான சுற்றுப்புற நிலைமைகள்.

3) சாதனம், சுற்றுப்புறம் இவற்றின் தீய விளைவுகளுக்கு ஆளாகும் பாதிக்கப்பட்டவரின் அசாதாரணமான உடல்நிலை.

சாதனங்களின் வகைகள், வேலையின் பிரிவு, நபர்களின் தொழில் தகுதி இவற்றையொட்டி விரிவான பாகுபாடுகளும் சாத்தியமே. விபத்துக்களை அவ்வாறு பிரித்துக் கூறி உடல் காயங்களையும் விவரித்துக் கூறினல் "விபத்துப் பகுதியை" உரிய காலத்தில் காண இயலும்.

மேற்காணும் காரணத் தொகுப்புகளின் வேறுபாடு ஏதாக இருப்பினும் அவை ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பானவை ஒருங்கே நிகழ்பவை என்று வற்புறுத்த வேண்டும்.

காயக்கேடுகளைக் காரணங்களையொட்டிச் சரியாகத் தொகுத்தல் கீழ்க்காணும் பயன்களை விளைவிக்கும்:

1) தேசியப் பொருளர்தாரத்தின் பல்வேறு பிரிவுகளில் விபத்து மட்டங்களை ஒப்பு நோக்கல்.

2) நிர்வாக, தொழில் நுட்ப மட்டங்களில் மிகப் பொதுவான காரணங்களைக் கண்டுபிடித்தல்.

3) வடிவமைப்பிலோ, தொழில் நுட்பத்திலோ உள்ள பழுதுகளைக் காணுதல்.

4) சாதனங்களைப் பராமரிப்பதிலே உள்ள பழுதுகளைக் கண்டு பிடித்தல் எல்லாவற்றிற்கும் மேலாகும்.

5) விபத்துத் தவிர்க்கும் முறைகளை நிலைநாட்டல்.

இந்த நடவடிக்கையும் (காயப்பாடு குறைக்கும் முறைகள்) பாகு படுத்தப்பட வேண்டும். காரணங்களால் காயங்களை நன்கு ஆராய்தல் புது விபத்துக்களைத் தவிர்க்க நாம் எடுக்க வேண்டிய நடவடிக்கைகளை நமக்கு உணர்த்தும். இந்த நடவடிக்கைகள் கீழ்க்காணுமாறு அமையும்:

1) சாதனங்களின் பழுதுகளைச் சரி செய்தல். இவை காயம் விளைக்கும் பகுதிகளை மாற்றியமைத்தலாகவோ சரி செய்தலாகவோ இருக்கலாம்.

2) காயங்களை விளைவிக்கும் தொழில் அமைப்பு, சுகாதார நல நிலைமை தொடர்பான காரணங்களை நிவர்த்தி செய்தல்.

3) திறமை, தன்-சமனம், விழிப்புணர்வு, கட்டுப்பாடு முதலானவை பற்றிய தொழிலாளர்களது தன்மைக்குப் போதுமான கவனம் செலுத்தல்.

காயப்பாட்டியலோடு விளக்கப்பட வேண்டிய மேலுமொரு கோட்பாட்டினை நாம் குறிப்பிடுவோம். காயப்பாட்டியல் மருத்துவ அறிவின் ஒரு பகுதியாகக் கருதப்படுகிறது. அது உடலுறுப்புக்கள், திசுக்கள் ஆகியவற்றையும் அவற்றின் செயற்பாட்டினையும் பாதிக்கும் வெப்ப, வேதியல், எந்திர, மின்சார அல்லது வேறு காரணங்களாலும் ஏற்படும் உடல் நிலைகளையும் நோய்களையும் ஏற்படுத்தும் காயக் கேடுகள் பற்றி இயம்புகிறது. மேற்கூறியவை அனைத்தும் உண்மையே. காயப்பாட்டியலின் வளர்ச்சிக்கும் உடலியல், தொழில் நுட்ப, மனவியல், சமுதாயக் காரணிகளைச் சரியாக கண்டறிந்து காயக்கேடு களின் காரணங்களையும் சந்தர்ப்பங்களையும் முழுமையாக அறிதலே உதவும் என்று வலியுறுத்த வேண்டியுள்ளது. ஆகவே காயப்பாட்டியல் மருத்துவரின் தனி ஆட்சியெல்லைக்குட்பட்டது அன்று. அது பொறி யாளர்கள், உடலியலாளர்கள், உளவியலாளர்கள், சமூகவியலாளர்கள், வேறு பல துறைகளின் நிபுணர்கள் அனைவர்களின் ஒட்டு மொத்த முயற்சியால் முன்னேற்றப்பட வேண்டிய அறிவியலாகும்.

பொதுச் சொல்லாட்சி விவாதத்தை மின்னியல் காயம் போன்ற சொற்களின் வரையறைகளோடு முடித்துக் கொள்வோம். மின் மற்றும் ரேடியோ சாதனங்கள் அல்லது மின்சக்தியளிக்கும் கம்பிகள் ஆகியவைகள் பழுதுபடுவதனுல் உண்டாகும் மின்காயம் திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புகளின் உடற்கூறு அமைப்பையும் அதன் செயற் பாட்டையும் பாதிக்கிறது. மின்னியல் காயங்களுக்குக் கீழ்க்காணும் காரணங்கள் :

1) மனித உடலின் மூலம் மின்னேட்டம் ஏற்படுத்தக்கூடிய மின் சாதனங்களில் பழுதுகள் அல்லது மனித உடலேத் தாக்கும் அளவிற்கு மின் காந்தப் புலத்தை உருவாக்கும் பழுதுகள்.

2) மின்னேட்டம் உடல் மூலம் பாயாவிட்டாலும், எரி புண்கள், இயக்கக் காயங்கள், குருடாக்கும் தீப்பிழம்பு உருவாக்கும் மின் சாதனத்தின் பழுதுகள்.

3) மேற்படி இருவகைகளின் சேர்ப்புகள்.

காரணங்களேயொட்டி மின்னியல் காயங்களேப் பாகுபடுத்தல், விபத்து விவரங்களே அறிவிக்கும்போதும் புள்ளி விவரங்களே ஆராய் கின்றபோதும் பயனுள முறையிலே நிகழக்கூடிய விபத்துப் பகுதிகளேச் சுட்டிக் காட்டுகிறது.

தற்போது வருகிறது மின்னியல் காயப்பாடு பற்றிய வரையறை கள். மின்சார காயப்பாடு, ஒரு குறிப்பிட்ட கால கட்டத்தில் குறிப்பிட்ட வகை மக்களுக்கு ஒரே மாதிரியான, தொழில், வீடு, விளேயாட்டு பற்றிய நிலேகளில் மீண்டும் மின்னியல் காயங்கள் ஏற்படுதலேக் குறிப்பிடுகிறது. இந்த வரையறை முன்னர் குறிப்பிட்ட பொது வரையறையை ஒட்டியே எழுதப்பட்டுள்ளது. இதில் போக்கு வரத்து மட்டும் சேர்க்கப்படவில்லே. ஏனென்ருல் போக்குவரத்தோடு தொடர்புள்ள மின்னியல் காயங்கள் மின் சாதனங்களே இயக்குவோ ருக்கு ஏற்படுவன. ஆகையால் தொழில் காயங்களோடு சேர்க்கப்படு கின்றன. விளேயாட்டுகள் தொடர்பானவை இவ்வரையறையிலிருந்து நீக்கப்பட்டிருக்கலாம். இதுவரை பெரியதொரு விளேயாட்டு மின் காயங்கள் பற்றி அறிவிக்கப்படவில்லே. ஆனுலும் வெளிச்சத்திற்கும் விளேயாட்டு போட்டி விவரங்களே அறிவித்தலுக்கும் அதிக அளவில் விளேயாட்டரங்கங்களில் மின் சாதனங்கள் பயன்படுத்தப்படுவதால் அவை மின்னியல் காயப்பாட்டு வரையறையிலிருந்து நீக்கப்பட வில்லே.

''மின்னியல் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகள்'' எனும் இந்நூலில் அடங்கியவற்றை வெளியிட வேண்டிய கட்டத்தில் இப்போது நாம் இருக்கிருேம்.

மனிதனின் மீது மின் ஓட்டத்தின் செயல்பாடு குறித்து நாம் கொண்டுள்ள எண்ணங்களின்படி நிர்வாகத் தொழில் நுட்ப, மருத்துவ மற்றும் செயல்துறை மட்டங்களிலே எடுக்கும் பல்வேறு நடவடிக்கை களின் சேர்க்கையினே மின்னியல் பாதுகாப்பு குறிப்பிடுகிறது. மனிதர்

களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் ஏற்பட்ட மின்னியல் காயங்களை நன்கு ஆராய்ந்த பின்னரும் விலங்குகள் பால் மின்னேட்ட விளைவுகளை ஆய்ந்த பின்னரும் ஆபத்துப் பகுதிகளை ஆராய்ந்தும் வடிவமைப்பு, உற்பத்தி அமைத்தல் இயக்குதல் ஆகிய கட்டங்களில் மின் சாதனங்களின் பழுதுகளை ஆராய்ந்தும் மின் பங்கீட்டுப் பகுதிகளின் பொது நம்பகத் தன்மையைப் பாதுகாப்புக் கண்ணேட்டத்தில் மதிப்பீடு செய்வதின் மூலம் மேற்கூறும் எண்ணங்கள் உருப்பெற்றன.

மின் காயங்கள் ஏற்பட்ட போது பாதிக்கப்பட்டவரின் உடல்நிலை, மின் சாதனங்களின் நிலை முதலானவற்றை உருவாக்கியே சோதனைகள் நடத்தப்பட்டன.

மின் ஓட்டத்தால் நடக்கும் விபத்துக்களைத் தவிர்க்கும் நோக்கத்தோடு அனைத்தும் செய்யப்பட்டன.

1-2. முதலாளித்துவ நாடுகளில் தொழில் காயப்பாடு பற்றிய கருத்துக்கள்

பதினெட்டாம் நூற்றுண்டின் இறுதியிலும் 19ம் நூற்றுண்டின் துவக்கத்திலும் ஏற்பட்ட தொழிற்புரட்சியின் விளைவாக -மனித உழைப்பிலிருந்து பொறியுழைப்பிற்கு ஏற்பட்ட பரிணமிப்பு சமூகச் சீர்கேடு என்று கூறுகின்ற அளவிற்குத் தொழில் காயப்பாட்டைத் தோற்றுவித்தது. பல்வேறு நிறுவனங்களிலும் தொழிற்சாலைகளிலும் நிறுவப்பட்ட அதிகப்படியான எந்திர சாதனங்கள் தொழிலாளர்கள் அதிக பட்சம் சுரண்டப்படுதலுக்கும் தொழில் காயங்கள் பெருகுதலுக்கும் ஏதுவாயின.

முதலாளித்துவ நாடுகளில் தொழில் காயப்பாடு பெருக்கம் உற்பத்தி வளர்ச்சியோடு நேர் தொடர்பானது.

ஆனலும் தொழிலாளர் பாதுகாப்பும் பாதுகாப்பு இயல் கொள்கைகளும் முதலாளித்துவ நாடுகளில் மேற்கொள்ளப்படவில்லை என்று கருதினல் அது தவருனதாகும். விரிவான நடவடிக்கைகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. தானியங்கு பாதுகாப்பு சாதனங்கள், உற்பத்தி முறைகளில் ஈடுபட்டுள்ளோரைக் காத்தல், பல தரப்பட்ட மனிதக் காப்பு வசதிகள் முதலியவை குறிப்பிடத்தக்கவையாகும். ஆனபோதிலும் முதலாளித்துவத் தொழிலின் சில துறைகளில் காயப்பாடு அதிகமாக உள்ளது. காரணம், தனிப்பட்ட முதலாளிகளும் தொழில் மேலாளர்களும் பாதுகாப்புக் காரணிகளை இலாப நோக்கோடு அணுகுகின்றனர். ஆகவே புதிய தொழிலாளர்களைப் பயிற்றுவிப்பதற்காக நேரத்தையும் பணத்தையும் செலவு செய்வதை விடத் திறமையான ஆட்களின் வேலை நேரம் பாதிக்கப்படாமலிருப்பதற்காக அவர்களின் பாதுகாப்பிற்குச் செலவு செய்வது இலாபகரமாக உள்ளது. திறன் குறைந்த தொழிலாளர் அடிக்கடி காயப்படுதலை இது ஓரளவுக்குக் கோடிட்டுக் காட்டுகிறது. முதலாளித்துவ நோக்கிலே திறன் குறைந்த தொழிலாளர்களைப் பாதுகாப்பதனல் ஏற்படும் பண இழப்பு லாபம் தருவதில்லை.

முதலாளித்துவ உடல்நல இயல் நிபுணர்கள் காயங்களின் முக்கிய காரணங்களாக நவீனப் பொறியியலைக் குறிப்பிடுகிறார்கள். எனவே வானொலிப் பொறியியலிலும் மின் பௌதிகத்திலும் பயன்படும் பெரில்லியம் போன்ற பொருட்கள் மிகுந்த நச்சுத்தன்மை வாய்ந்தன. கதிரியக்க ஐஸோடோப்புகளைப் பயன்படுத்தும் தானியங்கி சாதனங்களை அறிமுகப்படுத்தல் இவர்கள் கருத்துப்படி கதிரியக்கத்தை வெளிப்படுத்தும். ஆனால் எல். ஷெபுடோ அவர்கள் சரியாகக் கூறினார்கள்: ''முதலாளித்துவ சுகாதார நிபுணர்கள் வெளித்தோன்றும் காரணிகளை உண்மையாகக் கருதுகிறார்கள். விபத்துக்களின் மிகுதியில் சமுதாய நிலைகளின் பங்கினை மறந்து விடுகிறார்கள்''. மிதமான விபத்துக்களுக்குச் சமூகக் காரணங்கள் உள்ளதை முதலாளித்துவ சமுதாய மருத்துவம் காணமுடியாததால் சுகாதார நிபுணர்கள் அக்காரணங்களைக் கண்டு நிலைநிறுத்தத் தவறுகிறார்கள்.

தொழில் காயங்களை ஆராயும் மருத்துவர்கள் அமெரிக்காவில் மிகுதியாக உள்ளார்கள் அவர்கள் பாதிக்கப்பட்டோரையே காயங்களுக்குக் காரணப்படுத்துகிறார்கள். உளவியலாளர்கள் காயங்களுக்கு மனச்சார்புள்ள தொழிலாளிகளின் தன்மை காரணமாவது பற்றியும் குறிப்பிடுகிறார்கள்.

ஏறத்தாழ இதே கருத்துக்களையே விபத்துத் தவிர்ப்புக்கான அரசுக் குழுவின் பொது இயக்குநராகப் பிரிட்டனில் உள்ள திரு. பி. யங் என்பாரும் கொண்டுள்ளார். ஒட்டு மொத்தமாக விபத்துக்களைப் பற்றி விவரிக்கையில் அவர் பாதிக்கப்பட்டவரின் தவறாலேயே விபத்துக்கள் நிகழ்ந்துள்ளன என நிரூபிக்க முயல்கிறார் [144]. உளவியலாளர்கள் மற்றும் யங் போன்றோரின் கருத்துக்களையொட்டியே முதலாளித்துவ நாடுகளின் சுகாதார நிபுணர்கள் தொழிலாளியின் குற்றத்தினாலோ அவனது உடலின் அசாதாரண மன, உடல் நிலைகளாலோ விபத்துக்கள் நேருகின்றன என்று கூறுகிறார்கள்.

''மனிதத்துவக் காரணம்'', ''தனிப்பட்ட சரி செய்து கொள்ளும் திறன்'' இவற்றின் பங்கு பெரிதுபடுத்தப்படுகிறது. அயல்நாட்டு ஏடுகள் ''விபத்தைத் திரும்பச் செய்யும் தொழிலாளர்கள்'', விபத்தை விளைவிக்கும் தொழிலாளர்கள்'' போன்ற இன்னும் இதுபோன்ற கருத்துடைய அறிக்கைகளை வெளியிட்டன. பல ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் விபத்துகளுக்குக் கவனமின்மையும், அலட்சியமுமே காரணமாகும் என விளம்பரப்படுத்தின.

தொழில் உளவியல் எனும் புதுவகை அறிவியல் மூலம் மேற்காணும் கோட்பாடுகளை அறிவியல் முறையில் நிலைநாட்ட முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

வேலை செய்யும்போது தொழிலாளியின் மனநிலை பற்றி ஆராய வேண்டிய தேவையினை ஒப்புக்கொள்ளும் அதே நேரத்தில் முதலாளித்துவ நாடுகளில் அது விஞ்ஞான ரீதியாகவே உள்ளது. தொழில் உளவியலானது தொழில் காயங்கள் கீழ்க்காணும் காரணங்களால்

ஏற்படுபவை என்று நிரூபிக்கவே பயன்படுத்தப்படுகிறது :

1) முதலாளி தொழிலாளி இருவரது பொது நன்மைகளை உணராத தொழிலாளியின் மனநிலை;

2) தொழிலாளியிடம் பொதுவாக உள்ள தவறான நடத்தை அவனது குடும்பத் தொல்லைகள் முதலானவை.

இத்தகைய கருத்துக்களையுடைய மனிதர்கள் விபத்து விகித உயர்வின் காரணங்களை — (1) சாதனங்களைச் சரிவரக் கையாளாத தவறான நடத்தை (2) அறிவுரைகளை சரிவரப் பின்பற்றாமை (3) புதிய சாதனங்க்ளின் தவிர்க்க முடியாத ஆபத்துக்கள் ஆகிய எல்லைகளுக்குள் தேடுகிறார்கள். உண்மையில் முதலாளித்துவ நாடுகளில் விபத்துக்களின் காரணம் நிர்வாகத்தினர் தொழிலாளர் காப்பினையும் சேமக்காப்பு விதி முறைகளையும் இணைந்து நிர்வாக மட்டத்திலும் தொழில் நுட்ப மட்டத்திலும் செயல்படுத்தாமையே. இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் பெரிலியம் முதலான கதிரியக்க ஐஸோடோப்புகளைப் பயன்படுத்துவதால் பல்வேறு நாடுகளில் ஏற்பட்ட தொழில் நோய்களின் ஆய்வு பயன்தரத்தக்கது.

ஏற்கனவே குறிப்பிடப்பட்ட திரு. பி. யங் என்பார் ''விபத்துக்கள் — அவை தேவையா?'' *[228]* எனும் கட்டுரையில் இங்கிலாந்தில் 16 சதவிகித தொழில் விபத்துக்கள் சேமக்காப்பு விதிகளைப் புறக்கணிப்பதாலேயே ஏற்படுகின்றன எனக் குறிப்பிடுகின்றார். மேலே குறிப்பிட்ட கோட்பாடுகள் அனைத்தும் உளவியல் ஆராய்ச்சியின் விளைவுகளேயாம்.

எல். ஷெபுடோ கீழ்க்காணுமாறு சரியாகவே கூறினார் :

''உளவியல் ஆராய்ச்சியின் சமுதாய முக்கியத்துவம், தொழிலாளர்கள், அறிவாளர்கள் ஆகியோரை முதலாளித்துவ சமுதாயத்தின் பகைமை வாய்ந்த சமூகத் தகராறுகளிடமிருந்து திசை திருப்பித் தவறான பாதையைக் காண்பிப்பதேயாகும். மேலும் உளவியல் ஆராய்ச்சியைக் கடைப்பிடிப்போரின் நோக்கம் மக்களை மனித ஆத்மா எனும் புரியாத காட்டில் கொண்டு சென்று, வெறுப்பிற்கும் துன்பங்களுக்கும் காரணம் அவர்களது உடற்கூறுகளின் பாதிப்புகளிலேயே உள்ளது. முதலாளித்துவ சமுதாயத்தின் வர்க்க வேறுபாடுகளில் இல்லை என்று நம்பச் செய்வதாகும்'' *[127]*.

தொழில் உளவியலுக்குக் கொடுக்கும் ஓரளவு அறிவியலான அணுகுமுறை தொழிலாளர் இயக்கங்களுக்குக் கொடுக்கும் முழு விஞ்ஞான அணுகுமுறையினின்றும் மாறுபடுகிறது.

சோஷலிச அமைப்பில் பிறந்த அறிவியல் ரீதியான நிர்வாகம் அதன் வளர்ச்சியின் முதல் கட்டத்தைத் தாண்டி, தொழில் நுட்ப, சமுதாய, உடலியல் மட்டுமின்றி உளவியல் காரணிகளையும் மேற்கொண்டு சோஷலிச நாடுகள் மட்டுமின்றி பல்வேறு நாடுகளது நிர்வாகிகளின் ஆமோதிப்பையும் பெற்றுள்ளது.

வெளிநாட்டு ஏடுகளில் முதலாளித்துவ தத்துவம் மேற்கொண்டோர் மட்டுமின்றி, முற்போக்கு விஞ்ஞானிகளும் எழுதுகின்றனர்.

அவர்கள் தொழில் விபத்துக்களின் உயர்வை, விருப்பு வெறுப்பின்றி வெளிப்படுத்துகின்றனர். வி. லேஃபிட்டி என்பவர் [124] தொழில் விபத்துக்களில் மனிதத்துவக் காரணிகளின் பங்கு பற்றி ஆயும்போது 90 சதவீத விபத்துக்கள் வேலைக்காகத் தொழிலாளர் அமைப்பை உருவாக்கலில் உள்ள குறைகளாலும் 10 சதவீதம் காயம் பெற்ற தொழிலாளர் தவறாலும் ஏற்படுவன எனக் கண்டுள்ளனர். விபத்தின் அடிப்படைக் காரணம் விரைவில் களைப்பேற்படும்படி உழைப்பினை அதிகரித்தலே என்று அவர் கருதுகிறார். எஃப். குல்லன் எனும் மற்றுமொரு ஆசிரியர் (ஃபிரான்சு நாட்டு மருத்துவர்களின் தேசியத் தொழிற்சங்கச் செயலாளர்) முதலாளித்துவ முறை நிர்வாகத்தில் விபத்துத் தவிர்ப்பு பிரசினைகள் தீர்க்க முடியாதவை என்று கூறுகிறார். உலக சுகாதார நிலையத்தின் பொது இயக்குநரான டாக்டர் கான்டாவு என்பார் விபத்துக்கள் எவையும் தற்செயலானவை அல்ல என்று கூறியது மேற்கூறியவற்றை உறுதிப்படுத்துகிறது.

பிரபல ஆங்கிலேய விஞ்ஞானி ஜே. பெர்னல் என்பார் தொழில் உளவியலைப் பயன்படுத்திச் சில ஆசிரியர்கள் விபத்து தவிர்ப்பில் உள்ள குறைகளை மறைக்க முற்படுவதையும் தொழிலாளர் வர்க்கத்தை ஆளும் முதலாளிகளிடமும் மதங்களிடமும் வசப்படுத்த முயல்வதையும் குறை கூறுகிறார். இவ்வகை விஞ்ஞானம் மக்களைத் தங்களது நிலைகளை மாற்றுவதிலிருந்து தடுக்கிறது. அம்முயற்சிகளை மனக் கிளர்ச்சிகளாகக் காண்பித்துத் தவிர்க்கிறது என்று அவர் எழுதுகிறார்.

முதலாளித்துவ நாடுகளின் சமூகச் சுகாதார நிபுணர்கள் விபத்து வீதத்தை நிர்ணயிக்கும் சமூகச் சட்டங்களை வெளிக்கொணர மறுப்ப தோடு, வேலை நிலைகளைச் சீர்படுத்தவோ, ஆபத்துகளைத் தடுக்கவோ முயலாத தொழிலதிபர் செயல்களை நியாயப்படுத்தவும் செய்கிறார்கள். விளைவாக அந்நாடுகளில் விபத்துத் தவிர்க்கும் பிரசினைகள் முழுமை யாகக் காணப்படுவதில்லை. மேலும், விபத்துக்கள் தவிர்க்க முடியா தனவாகக் காண்பிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய மனோநிலை வியப்பளிப் பதன்று. எனவே ஐ. சோலோவெவ் (சோவியத் சுகாதாரப் பணி அமைப்பு மற்றும் கோட்பாடுகளின் சிறந்த அதிகாரி) எழுதினார்: ''முதலாளித்துவ முறைகளின் அடிப்படைகளை மாற்றாமல், அந்நாடு களின் மருத்துவ முறைகள் தடுப்பு நடவடிக்கை கொள்கைகளைக் கையாள இயலாது''.

1-3. முந்தைய் ரஷியாவிலும் சோவியத் யூனியனிலும் தொழிலியல் விபத்துக்கள் பற்றிய மனப்பாங்கு

காலத்தால் மதிப்புப் பெற்ற மக்களின் மருத்துவ அனுபவம் பழம்பெரும் மருத்துவ முறைகளால் காயங்களைக் குணப்படுத்துவதில் முதலிடம் வகித்தது.

புரட்சிக்கு முந்தைய ரஷியாவிலே தொழில் நிபுணத்துவம்

பெற்ற காயங்களைக் கவனிப்போர், எலும்பு முறிவுகளைக் குணப்படுத்துவோர், எலும்புகளைச் சரியாக வைப்போர், பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே தோன்றியிருந்தனர். அத்தகைய உதவியாளர்கள் தேவை பெருகவே இடையிலே எலும்பு சரியமைப்போரின் பள்ளிகளும் பெருகின. 18ம் நூற்றுண்டின் முற்பகுதியிலே மேற்படிப் பள்ளிகள் மாஸ்கோ, செயிண்ட் பீடர்ஸ்பர்க், க்ரோன்ஷ்டாட் போன்ற நகரங்களில் நிறுவப்பட்டன. 18ம் நூற்றுண்டின் இரண்டாம் பகுதியில் மருத்துவ நிபுணர்கள் தேவைப்பட்டனர். அப்போது மாஸ்கோ பல்கலைக்கழகமும் (1755) அறுவைச் சிகிச்சைக் கழகமும் (1798) ஏற்படுத்தப்பட்டன.

மேற்படிக் கழகத்தில் துவக்க நாட்களில் வெளிப்புறக் காரணிகளால் மனிதன்பால் ஏற்படும் பாதிப்புக்களும் பின்விளைவுகளைச் சரிப்படுத்தலுமே ஆராயப்பட்டது. ரஷியாவிலேதான் காயப்பாட்டியலைப் பற்றிய முதல் அறிக்கைகள் வெளியிடப்பட்டது தற்செயலானதன்று. சிறந்து விளங்கிய அறுவை நிபுணர் இ. முகின் (1766-1850) உலகிலேயே முதன்முறையாகக் காயக்கேடுகளை வகைப்படுத்தியவர். அவர் எடுத்த நடவடிக்கைகள் பெருமதிப்பை ஏற்படுத்தின. "எலும்பு சரியமைத்தலின் முதல் அடிப்படைகள்" எனும் தலைப்பில் ரஷிய நாட்டில் முதலாம் காயப்பாட்டியல் நூலை அவர் வெளியிட்டார்.

விஞ்ஞானியான அவரின் ஆழமான மேதையும் அறிவும் அவரை இயக்கக் (மெக்கானிகல்) காயங்களான சிராய்ப்பு, எலும்பு முறிவு, விலக்கம் இவற்றோடு நிறுத்தச் செய்யவில்லை. மற்ற உடற்காயங்களைப் பற்றியும் விவரித்து அவற்றின் பின்விளைவுகளை ஆயவும் அவர் முற்பட்டார். நமக்கு மிக முக்கியம்— அவர் மின்னோட்டத்தின் விளைவுகளை ஆய்ந்தது (அதற்கு நேரடிப் பயன் ஏதும் இல்லாத காலத்திலும்).

அதற்கு முன்னர் ரஷிய மருத்துவ - அறுவைக்கழகத்துப் பேராசிரியரும் மருத்துவருமான வி. பெட்ரோவ் என்பார் ஒரு நூலில் மின்னோட்டத்தில் மனித நலத்திற்கு ஏற்படும் கேடுகளைக் குறிப்பிட்டுள்ளார். அந்நூலில் உள்ள விவரங்கள் முகின் அவர்கள் மின் காயம் பெற்ற விலங்குகள் மேல் சோதனைகள் நடத்தும்போது பயன்படுத்தப்பட்டன. இந்த ஆராய்ச்சிகளால்தான் அவர் உலகின் முதல் மின் பொறியியல் கழக நிருபராகவும் (பாரீசு கால்வானிக் கழகம்) இயல்பியல், மருத்துவப் போட்டிகளுக்கான மாஸ்கோ கழக உறுப்பினராகவும் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார்.

தேசிய உலகக் காயப்பாட்டியலின் பெரிய முன்னேற்றம் 19ம் நூற்றுண்டின் நடுவில் ஏற்பட்டது. என். பிரோகோவ் (1810-1881) எனும் ரஷிய அறுவையாளரே அதன் காரண கர்த்தா. இ. முகின் அவர்களைப் பின்பற்றிய சீரிய உள்நோக்கும் அறிவும் பெற்றவரான என். பிரோகோவ் காயங்களின் ஆய்வில் முன்னேற்றம் கண்டார். காயங்கள் - அதிர்ச்சிகளுக்கான, புகழ் பெற்ற போதம் படைத்தார்.

காயங்களைக் குணப்படுத்த உரிய காலத்தில் தகுந்த மருத்துவ உதவியின் தேவையை நிரூபித்தார்.

அக்கடமீசியன் என். புர்டெங்கோ [12] கீழ்க்காணுமாறு எழுதினார்:

''தனது காயம் பற்றிய போதத்தில் பொதுவாகவும் உடலில் ஏற்படும் விளைவுகளையும் ஆய்ந்து, காயங்களைப் பற்றியும் காயங்களின் பின்விளைவுகளையும் குழப்பங்களையும் கற்பதை விருத்திச் செய்ததின் மூலம் மருத்துவத் துறைக்கு பிரோகோவ் பெருமை சேர்த்துள்ளார்''.

ПЕРВЫЯ НАЧАЛА

КОСТОПРАВНОЙ НАУКИ.

СОЧИНЕННЫЯ

ДокторомЪ Медицины и Хирургіи, ОператоромЪ, обществЪ: Парижскаго Гальваническаго КорреспондентомЪ, Геттингенскаго повивальнаго искусства, Московскаго соревнованія врачебныхЪ и физическихЪ наукЪ Конференціи ординарнымЪ, Санктпетербургскаго Медико-Филантропическаго Комитета почетнымЪ членомЪ, Медико-Хирургической Академіи АдьюнктЪ-ПрофессоромЪ, преподающимЪ весь кругЪ Медико-ХирургическихЪ наукЪ вЪ Московской Духовной Академіи, ДокторомЪ Голицынской публичной больницы, НадворнымЪ СовѢтникомЪ,

ЕФРЕМОМЪ МУХИНЫМЪ.

изданныя иждивеніемЪ сочинителя,

вЪ пользу соотчичей и для употребленія учащихся Медико-Хирургической наукѢ вЪ Московской Духовной Академіи, сЪ приложеніемЪ тридцати семи чертежей.

МОСКВА,

вЪ Типографіи С. Селивановскаго

1806

படம். 1-1. காயப்பாடு பற்றி முதல் ரஷியப் புத்தகத்தின் தலைப்புப்பக்கம்

காயப்பாட்டியலில் முன்னதாகவே ரஷிய நாட்டில் ஏற்பட்ட வளர்ச்சியும் உடலுறுப்புக்களில் மின்னேட்டத்தின் விளைவுகள் பற்றி 19ம் நூற்றுண்டில் இராணுவ மருத்துவக் கழகம் செய்த விரிவான ஆராய்ச்சிகளும் ரஷியாவில் தான் முதலில் மின்னியல் காயங்கள் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்றன என்பதை உறுதிப்படுத்துகின்றன.

உழைப்பின் நிலைமைகள் மேலும் தொழில் சுகக்கேடுகளைப் புலனய்தல் உள்ளிட்ட, தொழில் காயப்பாடு தொடர்பான பிரசினை களுக்கு விரிந்த உள்நோக்கு எஃப். எரிஸ்மேன், ஆ. போகேஷெவ், ஜி. க்லோபின் மற்றும் பலரால் அடையப்பட்டது. அவர்கள் 19ம் நூற்றுண்டின் இறுதியில் தொழில் சுகாதாரத்திற்கு அடிகோலினர்கள். மேற்படி விஞ்ஞானிகளின் முயற்சியாலும் துணையாலும் தனிப்பட் டவர்கள் கொடையினுலும் எலும்பு மருத்துவம், காயப்பாட்டு மருத்துவத்திற்கான நிலையங்கள் புரட்சிக் காலத்திற்கு முந்தைய ரஷியா விலே பரவத் தொடங்கின. குறைந்த அளவிலே இருந்தாலும் ரஷிய காயப்பாட்டியலுக்கு அவை நிறைந்த விவரம் தந்தன. காயங்களைப் பற்றிய முதல் புள்ளி விவரங்கள், தொழிற்சாலைகளிலும் ஊர்க் கழகங்களிலும் பங்காற்றிய மருத்துவர்களால் தாங்களாகவே அளிக்கப் பட்டன. உதாரணமாக இத்தகைய புள்ளி விவரங்கள், தொழிற்சாலை ஊர்க்கழக மருத்துவரான கே. யாசிகோவ் என்பவரது அறிக்கை களிலும் 1909ல் நடந்த முதலாம் அகில ரஷியத் தொழிற்சாலை மருத்துவர்கள் கூட்டத்தில் அளிக்கப்பட்ட விவரங்களிலும் காணக் கிடக்கின்றன. இந்தக் கூட்டத்திலே டி. நிகோல்ஸ்கி 1900-1905 வரையில் ஏற்பட்ட காயங்களின் புள்ளி விவரங்களை எடுத்து அதில் ஒரு லட்சம் தொழிலாளர்களுக்கு 65-68 ஆயிரம் காயங்கள் ஏற் பட்டதைக் குறிப்பிட்டார். ஆ. போகோஸெவ் எழுதியதாவது [58]:

''தொழிற்சாலைகளில் இழக்கின்ற மனித சக்தியை ஒப்பிடுகின்ற பொழுது மிகக் கொடிய போர்களும் மிகக் கடும் சண்டைகளும் சிறுவர் விளையாட்டுப் போன்று அமைகின்றன''.

தனது ஓரளவு விரிவான கட்டுரைதனிலே ஏ. லோகினேவா [58] தொழில் காயங்கள் மூலம் புரட்சிக்கு முந்தைய ரஷியாவிலே ஆண்டொன்றிற்கு 6000 மனிதர்கள் இறந்ததையும் 40,000 மனிதர்கள் கடும் ஊனங்களால் பாதிக்கப்பட்டதையும் குறிப்பிட்டார். அப்போது விபத்துக்களைப் பற்றி அறிவிப்பதும் பதிவு செய்வதும் முறைப்படுத்தப் படவில்லை என்று கூறுகிருர். 1903 ஜூன் 2ம் தேதி விபத்துக்களை அறிவிப்பது சட்டப்படி கட்டாயமாக்கப்பட்டது. அறிக்கை படிவம் ஏதும் குறிப்பிடப்படாவிட்டாலும் இந்தச் சட்டம் விபத்துக்களை அறிவிக்கும் சட்டம் என்றும் வழங்கப்பட்டது. பின்னர் ஏழெட்டு ஆண்டுகளாகப் பாதுகாப்பு மனப்பாங்கு கொண்ட மருத்துவ வட் டாரங்களில் விபத்துப் பதிவு அட்டைகளைப் பயன்படுத்துமாறு வேண்டப்பட்டது. அப்போதைய புள்ளி விவரங்கள் அதிக பட்சம் மரண விபத்துக்களையும் 10-14 நாட்கள் வேலை செய்ய ஒண்ணது விளைவிக்கும் காயங்களையுமே குறிப்பிட்டன.

சோவியத் நாட்டின் சோஷலிசப் புரட்சியின் விளைவான பொது சுகாதாரப் பணி, ஆரம்ப காலத்திலேயே எழுச்சி மிக்கதொரு காயப்பாட்டுத் தவிர்ப்புக் கொள்கையைச் செயல்படுத்தியது. நமது சுகாதாரப் பணியின் தவிர்ப்புத் தன்மை சரியான அமைப்பின் பின்னணியோடு எல்லாவிதமான காயங்களையும் தவிர்க்கும் நிலைமைகளை உருவாக்குகிறது. வசிக்கும் இடத்தைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கப் பட்ட மக்களுக்கான மருத்துவ உதவி, தொழிற்சாலைகளையும் தொழில் நடக்கும் பகுதிகளையும் வைத்து நிர்ணயிக்கப்பட்ட தொழிலாளர்களுக்கான மருத்துவ உதவி இவற்றோடு இயைந்த நோயுற்றோருக்கான வெளிப்புற மருத்துவ உதவி இவையே சிறந்த சுகாதார அமைப்பின் உட்பிரிவுகள்.

தொழில் விபத்துக்கள் வேகமான விகிதத்தில் குறைகின்றன. சோஷலிச நாட்டில் தொழில் மயமாக்கல் தொழில் விபத்துக்களை அதிகரிப்பதில்லை என்பது தெளிவு. மாறாக வேலையில் விபத்துக்கள் நிகழ்வது குறைவாக உள்ளது.

அரசுவசமான தொழிலாளர் காப்புக் கொள்கைகளின் தர்க்க இயலான முடிவே இதுவாகும். டிசம்பர் 19, 1969ம் ஆண்டு நடந்த சோவியத் தலைமைப் பீடத்தின் 7ம் கூட்டத்தில் ஒப்புதல் அளிக்கப் பட்ட "சோவியத் யூனியன் சோவியத் ஐக்கிய குடியரசுகள் சுகாதாரப் பணிச்சட்டங்களின் அடிப்படைகளில்" அரசின் கடப்பாடுகள் தெளிவாக வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன.

சட்டக்கூற்று கீழ்க்காணுமாறு துவங்குகிறது : "சோவியத் நாட்டின் தலையான குறிக்கோள்களில் ஒன்றாக மக்களது உடல்நலத்தைக் காத்தல் கருதப்படுகிறது. சோஷலிச சமூக அமைப்பு மக்களது கல்வி நலச் செழிப்பின் தொடர்ச்சியான பெருக்கத்திற்கும் தொழிலாளர்களது முன்னேற்றத்திற்கும் வீட்டு நிலைமைகளின், பொழுதுபோக்கு நிலைகளின் மேம்பாட்டிற்கும் உத்தரவாதம் அளிக்கிறது.

இந்தப் பொதுப்படையான கூற்று மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. அது பின்னர் பல சட்டப்பிரிவுகளாகவும் நெறிமுறைகளாகவும் விளக்கங்களாகவும் பிரிக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு தொழிலகத்தில் இருக்கும் நிர்வாகிகளும் மற்றும் பாதுகாப்புப் பணியினரும் ஒவ்வொரு தொழிலுக்குமான வேலை நிலைமை மேம்பாட்டுத் திட்டத்தோடு உள்ளடங்கிய விபத்துத் தவிர்க்கும் பொறுப்பை அரசினால் ஒப்படைக்கப்படுகின்றனர்.

லாபம் கருதா முறையில் செயல்படும் சுகாதார ஆய்வாளர்களாலும் செஞ்சிலுவை சுகாதாரப் பிரிவினராலும் விபத்துத் தவிர்க்கும் கொள்கை செயல்படுத்தப்படுகிறது. இதைத் தவிரச் சோவியத் தொழிற்சங்கங்களும் தேவையான உரிமைகளும் அதிகாரங்களும் கொண்ட தொழில்நுட்ப கண்காணிப்பாளர்கள் மூலம் காயப்பாட்டைத் தவிர்த்தலில் பெரும் பங்காற்றுகின்றன.

சிறப்பான மருத்துவ-தவிர்ப்பு நிலையங்களின் விரிவான தொகுப்

பும் காயங்களைக் குணமாக்கல், விபத்துத் தவிர்த்தல் பற்றி ஆயும் பதினெட்டு விஞ்ஞான-ஆராய்ச்சி நிலையங்களும் சுகாதார அமைச்சரகத்தின் கீழ் செயல்படுகின்றன. இதைத்தவிரத் தொழிற்சங்கங்களின் மையக் கழகத்துப் பொதுக் குழுவில் உள்ள தக்க அமைப்புக்களும் விபத்துத் தவிர்த்தலுக்கு நம்பகமான மூலாதாரங்களாக அமைகின்றன.

தொழில் உற்பத்தியும் முழு தேசியப் பொருளாதாரமும் ஒரு பக்கம் முன்னேறிக் கொண்டிருந்தாலும் விபத்துக்கள் குறைவதை மேற்காணும் அமைப்புக்கள் தொடர்ந்து நிறைவேற்றி வருகின்றன.

இரண்டாம் அத்தியாயம்

மின்னியல் காயப்பாடு வகைபாடுகளும் அறிக்கையளித்தலும்

2-1. வரலாற்றுப் பின்னணி

மின் ஆற்றல் மனிதனைப் பாதிக்கும் எனும் உண்மை 19ம் நூற்றுண்டின் இறுதியில் நிலைநாட்டப்பட்டது. இந்தப் பாதிப்பின் முதல் வர்ணனை பிரெஞ்சுப் புரட்சித் தலைவர்களில் ஒருவரான ஜீன்பால்மாரட் என்பவரால் தரப்பட்டது. பிரிட்டிஷ் நாட்டு வாரிஷ், இதாலியின் கால்வானி, போலெட்டோ, இன்னும் பல ஆராய்ச்சி யாளர்கள் நிலை மின்சாரம், வேதியல் மின் மூலம் ஆகியவை கொடுக்கும் மின் ஆற்றலால் மனிதன் பாதிக்கப்படுவதை நிலை நாட்டினர். இந்தப் பாதிப்பால் மனிதனுக்கு ஏற்படும் ஆபத்துக்களை அவர்கள் குறிப்பிடவில்லை. உயர் அழுத்த மின்-ரசாயன மூலக்கூறினைக் கண்டுபிடித்த வி. பெட்ரோவ் மின் ஓட்டம் மனித உடலில் பாய்வதனுல் ஏற்படும் அபாயத்தை முதலில் விளக்கினுர்.

மருத்துவ அறுவைக் கழகத்தில் அன்று போதிய சாதனங்களோடு அவர் அமைத்த இயல்பியல் கூடத்தில் மின்சாரம் மனித, விலங்கு உடலியல் மேல் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளையும் அவற்றிற்கான பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் பற்றியும் ஆய்வுகள் நடத்தினுர். காயம் ஆற்றல், தவிர்த்தல் எனும் இரு முனைகளிலிருந்தும் மின் ஓட்டம் மனித உடலில் ஏற்படுத்தும் பாதிப்புக்கள் பற்றிப் பல்வேறு ஆய்வுகள் இந்தக் கழகத்திலேயே மேற்கொள்ளப்பட்டன. 1863ல் பிரான்ஸ் நாட்டு ஆய்வாளர் லெராய் டி மெர்க்யூர் என்பார் நேர் மின் ஓட்டத்தால் ஏற்பட்ட தொழில் மின் காயங்களை விவரித்தார். 1882ல் ஆஸ்திரிய விஞ்ஞானி எஸ். ஜெல்லினெக் [33, 183] மாறு மின்னேட்டத்தால் ஏற்பட்ட மின்காயங்களை விவரித்தார்.

1880ல் துவக்கப்பட்ட ''மின்சாரம்'' எனும் ரஷியப் பத்திரிக்கை தனது முதல் இதழிலிருந்து மின்னேட்டத்தால் ஏற்பட்ட விபத்துக்களைப் பற்றி வெளியிட்டு வந்தது. இத்தகைய வெளியீடுகள் வேறு ரஷிய பத்திரிக்கைகளிலும் வெளிவந்தன. இப்படியாக 1898 முதல் 1903 வரை ''மின் தொழிலாளி'' எனும் பத்திரிக்கை கடும் விளைவுகள் ஏற்படுத்திய 20க்கு மேலான மின் காயங்கள் பற்றிய விவரங்களை வெளியிட்டது. மாறு மின்னேட்டத்தைவிட நேர் மின்னேட்டத்தின் குறைந்த அளவு ஆபத்து மின் பொறியியல் முன்னேற்றத்தின் முதல் ஆண்டுகளிலேயே தெரியவந்தது. இதைப் பற்றி வி. சிக்கோலவ் நன்கு வர்ணனை செய்தார் [125]:

''நேர் மின்னேட்டக் கடத்தியைத் தொட்டவுடன் நீங்கள் அதிர்ச்சிக்குள்ளாகிறீர்கள். பின்னர் நீங்கள் சிறிதே உணர்வீர்கள். கடத்தியை விட்டுக் கையினை எடுக்கும்போதே மீண்டும் அதே அதிர்ச்சிக்குள்ளாவீர்கள். பயத்தைப் போக்க நானும் பல முறைகள் கடத்திகளைத் தொட்டிருக்கிறேன். காயங்கள், அவற்றின் பின்விளைவுகள் சிக்கல்கள் பற்றி அறியும் பொருட்டு ஒரு நிமிடத்திற்கு 5,000 முதல் 10,000 முறை வரை தனது திசையினையும் அளவினையும் மாற்றிக் கொள்ளும் மின்னேட்டம் மிக அபாயமானது. மாறு மின்னேட்டக் கடத்தியினைத் தொடுவது உண்மையில் பேரதிர்ச்சியை உண்டாக்கும். நேர் மின்னேட்டத்தின் உடற்கூறு விளைவைப் பளுவான மோதல் அதிர்ச்சிக்கோ, அடிக்கோ ஒப்பிடலாம். அதிக அழுத்தங்களில் அது அபாயம் விளைக்கும். குறைவான அளவே ஆனுலும் நிமிடத்திற்குப் பத்தாயிரம் முறை தாக்கும் அதிர்ச்சிகள் பெரும் சோர்வினை ஏற்படுத்தும். மாறு மின்னேட்டக் கடத்திகளைத் தொடுவதின் விளைவு அத்தகையது. மின் சக்தியின் அளவை விட அபாயம் நேர் மின்னேட்டமா மாறு மின்னேட்டமா என்பதையே பொருத்தது. நகர்ப்புற நிலத்தடி மின்வடங்கள் உயிர் அபாயம் இல்லாத காரணத்தால் நேர் மின்னேட்டமாகவே அமையலாம்''.

''மின் வெளிச்சத்தின் வரலாறு'' எனும் கட்டுரையில் வி. சிகோலெவ் இந்த எண்ணத்தை இன்னும் தெளிவாக விளக்கியுள்ளார். அவர் கூறுவது: ''எந்த அளவு மின் அழுத்தம் இருந்தாலும் மாறு மின்னேட்டத்தைவிட நேர் மின்னேட்டத்தில் சமயங்களில் உயிரிழப்பையும் ஏற்படுத்தும் விபத்துக்கள் குறைவு. அவரது கொள்கையின்படி மின்னேட்டத்தின் அபாயம், அதன் அளவை மட்டுமின்றி அது எவ்வாறு உயர்கிறது என்பதையும் பொருத்தது; இரண்டாம் காரணி அதிக அபாயம் விளைப்பது.

மின் சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவோருக்கு மின்னேட்ட அபாயம் 50 வட்டிப்பு (Hz) மாறு மின்னேட்டம் அதிகமாகப் புழங்க ஆரம்பித்தபோதே தோன்றியது. ஆனுல் அப்போது மனித உடலில் மின்னேட்டத்தின் விளைவுகளைக் கண்டறிய சரியான முறையில்லாததால் நம்பகமாகச் சாதாரணமான பாதுகாப்பு முறைகள் கண்டு பிடிக்கப்படவில்லை.

ஆகவே 19ம் நூற்றுண்டின் கடைசிப் பகுதியிலேயே மின் பாதுகாப்பு ஒரு விசாரணைக் களமாக மாறியது. அப்போதுதான் பாதுகாப்பு பிரச்சனைகளுக்குத் தீர்வு காணக் குறிப்பிடத்தக்க முதல் நடவடிக்கைகள் எடுக்கப்பட்டன என்று அறுதியிட்டுக் கூறலாம்.

சென்ற நூற்றுண்டின் தொண்ணூறும் ஆண்டுகளில் பேராசிரியர் பி. வாய்னுராவ்ஸ்கி, உயர் மின்னழுத்தக் கருவிகளை (3000 வோ வரை) பயன்படுத்தலுக்கான விதிமுறைகள் பற்றிய வேலையினைத் துவங்கினுர். 1898ன் துவக்கத்தில் அவ்வேலை முற்றுப் பெற்றது. அதே ஆண்டு ஜூலை 8ம் தேதி உயர் அழுத்தச் சாதனங்களைப் பயன்படுத்தும்போது அனுசரிக்கப்பட வேண்டிய விதிமுறைகளின் சட்டவடிவிற்கு ஒப்புதல் அளிக்கப்பட்டது. இந்த ஆவணங்கள் ''3,000 வோல்ட் வரை உயர் மின் அழுத்தங்களைக் கையாளும்

தற்காலிக விதிமுறைகள் நிலத்தடி மின்வடங்கள் அமைத்தல் (250 வோ. மா. மி. ஓட்டத்திலிருந்து 450 வோ. நே. மி. ஓட்டத்திலிருந்து),'' ''உயர் மின் அழுத்த நிலத்தடி மின்வடங்கள் அமைத்தல், பார்வையிடல் ஆகியவற்றிற்கான தற்காலிக சட்டங்கள்'' அனைத்து ரஷிய மின் பொறியியல் முதல் மாநாட்டில், பொறியியல் வல்லுநர்களோடு சுகாதார வல்லுநர்களும் பங்கு பெற்றபோது மேற்படி விதிமுறைகள் பற்றிய அறிக்கை பி. வாய்னுராவ்ஸ்கி என்பாரால் வாசிக்கப்பட்டது. அந்த மாநாடு நிறைவேற்றிய தீர்மானங்கள் மின் காயங்களைத் தவிர்த்தலை வலியுறுத்தின. மின்சார மற்றும் மின்னல் அதிர்ச்சிகளின் விளைவுகளை நன்கு ஆராயவும் உயிரிழப்பு நேர்ந்தவிடங்களில் பாதிக்கப்பட்டோரின் உடலைச் சவப்பரிசோதனை செய்யவும் திட்டங்கள் அளிக்கப்பட்டு ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டன.

மாநாட்டிற்குப் பின்னர் சட்டங்களில் அப்போது ரஷ்யாவில் மின்னியல் துறையில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளின் முடிவுகளையொட்டி புது விவரங்கள் சேர்க்கப்பட்டன. முதல் மாநாட்டிற்கும் இரண்டாம் மாநாட்டிற்கும் இடையில் மின்னியல் பாதுகாப்பில் அதிக அளவு வேலை செய்யப்பட்டது. இரண்டாம் மாநாடு மின் சாதனங்களைப் பாதுகாப்போடு பேணுதலில் அடிப்படைத் தீர்மானங்கள் பல நிறைவேற்றியது. உதாரணமாக 250 வோ விட குறைவாக நிலத்தோடு கொண்ட மின் அழுத்தம் தாழ்ந்ததாகவும் 250 முதல் 750 வோ வரை நடுத்தர அழுத்தமாகவும் 750 வோவிற்கு அதிகமானது மேல் உயர் மின் அழுத்தமாகவும் கருதப்பட்டது.

அந்த மாநாட்டின் முக்கிய அம்சம், பாதுகாப்பான மின் அழுத்தத்தின் எல்லைகளைப் பற்றிக் குறிப்பிடும்போது மின்நுட்பப் பொறிகளைக் கையாளுவதற்கான பாதுகாப்பு சாதனங்கள் பற்றியும் கருத்தில் எடுக்கப்பட்டதால் மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படை கருத்துக்கள் நிலை நாட்டப்பட்டன.

1911-12ல் செயிண்ட் பீடர்ஸ்பர்கில் கலையரங்குகள் மற்றும் திரைப்பட அரங்குகளில் மின் சாதனங்களைக் கையாளுவோருக்குக் காயம் விளைத்த பல மின் விபத்துகள் நேரிட்டன. அவை நேர்ந்த சந்தர்ப்பங்கள் மின்சாரப் பொறியாளர்களிடையே கவனத்தை ஈர்த்தன. ரஷிய நுட்பக் குழுவின் மின்நுட்பப் பகுதியில் அவை பற்றி விவாதிக்கப்பட்டது. இதன் விளைவாகப் பொதுக் கட்டடங்களில் மின் சாதனங்களைப் பராமரிக்கும்போது விசேஷமாகக் கையாள வேண்டிய விதிமுறைகள் நிர்ணயிக்கப்பட்டன.

மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகளில் மாணவர் பருவத்திலிருந்தே ஈடுபட்டு, தனது பட்டப்படிப்பு ஆராய்ச்சிக் கட்டுரையாக அதை அளித்த ஏ. ஸ்முரோவ் என்பார் மின் பாதுகாப்பு வளர்ச்சிக்கு அதிகம் துணை புரிந்துள்ளார். மின்நுட்பக் கழகத்தின் உயர் அழுத்தப் பொறிகள் பிரிவில் தனது ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்தார். 1919ல் அதன் தலைவராகவும் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். ஆ. ஸ்முரோவ் நில

இணைப்பாக்கிகள் மேல் சோதனைகள் செய்தார். மின்சாரக் கம்பிகள் அருகிலுள்ள தொலைவரிக் கம்பிகள் பால் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைக் கண்டறிந்தார்; பாதுகாப்பைப் பொருத்தவரை மிக அனுகூலமான நொதுமிகளைக் கண்டறிந்தார். நம்பகமான பங்கீட்டுச் சாதனங்களை உருவாக்கினார்.

அந்தப் பொருள் பற்றி உலகிலேயே முதல் வெளியீடான மின் பாதுகாப்பு [108] பற்றிய அவரது கட்டுரையில் மேற்காணும் ஆராய்ச்சிகள் முழுமையாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அதன் மூன்று பகுதிகளின் தலையங்கங்கள் ''உயர் அழுத்த மின்னோட்டத்தால் உயிருக்கு ஏற்படும் ஆபத்து'', ''உயர் அழுத்த மின்னோட்டம் மின்சாரக் கம்பிகளில் செலுத்துவதில் உள்ள அபாயங் களும் அவற்றைப் பராமரித்தல், பழுது பார்த்தலின் போது கையாள வேண்டிய பாதுகாப்பு முறைகளும்'', ''அருகிலுள்ள தாழ் அழுத்த சாதனங்கள் பால் மின் செலுத்தப்படும் கம்பிகள் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள்'' என்பவை மேல் விவாதித்த பொருள்கள் பற்றி விளக்கு கின்றன.

ஆ. ஸ்முரோவ் அவர்களும் அவரது சீடர்களும் செய்த ஆராய்ச்சி கள் காலத்தால் பொருள் இழக்கவில்லை. மனித உடலின் எதிர்ப்பு சக்தியை நிர்ணயித்தல் அதில் முக்கியமானது. அந்தக் கட்டுரையிலி ருந்து எடுத்த கீழ்க்காணும் சாரம் சிறந்த அறிவுரையாகும்.

''மின் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது மனித உடலின் எதிர்ப்பு சக்தி குறைகிறது. செலுத்தப்படும் மின் அழுத்தத்தின் கால அளவை ஒட்டி எதிர்ப்பு சக்தி வேறுபடும். நேரமானால் அது குறையும். பத்து வோல்ட் இரண்டு கைகளுக்கிடையே செலுத்தப்படுகையில் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் உடல் எதிர்ப்பு சக்தி 19.10^3லிருந்து 9.10^3 ஓம் ஆக குறைந்தது. மறுபுறம் அதே நிலையில் மின் துருவங்கள் வைத்து மின் அழுத்தம் 15 நிமிடங்கள் செலுத்துகையில் உடல் எதிர்ப்புத் திறன்: 2 வோல்ட்டில் - 16.10^4 ஓம்; 6 வோல்டில் - 4.10^4 ஓம்; 10 வோல்டில் - 8.10^3 ஓம் எனக் காணப்பட்டது. உடனடியாக அதனை மாற்றி மீண்டும் 2 வோல்ட் செலுத்தியபோது எதிர்ப்பு சக்தி 16.10^4 ஓம் அல்ல 4.10^4 ஓமாக இருந்தது''.

மனித உடலின் மின் எதிர் திறன் நேர் விகிதத்தில் வேறுபடுவதில்லை எனும் அபாய மின் அழுத்தம் மின்னோட்டத்தைக் காண உதவும் முக்கிய பண்பினை ஏ. ஸ்முரோவ் தான் முதலில் நிலைநிறுத்தினார் என்பது இதன் மூலம் தெரியவருகிறது. அந்தக் கட்டுரைகள் வெளி யிட்ட ஓராண்டிற்குப் பின்னர் மட்டுமே என். மாலாவ், எஸ். ரெவ்கின் [60] மற்றும் ஃப்ரீபெர்கெர் [173] அதைப் போன்ற முடிவுகளைக் கண்டறிந்தனர்.

ஆ. ஸ்முரோவின் வெளியீடுகள் அந்தப் பொருள் பற்றிய ஒரே வெளியீடு இல்லை. ஐ. ஃப்ரீமென் எழுதிய ''வானொலி இயல்'' [118] ஓராண்டிற்கு முன்னரே வெளியிடப்பட்டது. வானொலி நிலையங்களின் பாதுகாப்பு பிரசினைகளையும் அங்குள்ள ஆபத்துக்களை

யும் அங்குள்ள மனிதர்களை மின் அதிர்ச்சியிலிருந்து பாதுகாப்பது பற்றியும் அதில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. வானொலிச் சாதனங்களைக் கையாளுவோரைப் பாதுகாக்கும் முழுமையான சிக்கல் நிறைந்த பிரசினைகளை ஆய்ந்துள்ளார். மின்சார, ஒலி தொடர்பான காயங்களைத் தவிர மின் காந்தப் புலங்களின் கதிர்களால் கண்பார்வைக்கு ஏற்படும் தீங்கினையும் அவர் குறிப்பிட்டுள்ளார். மின் பாதுகாப்பிற்கும் சாதனத்தின் நம்பகத் தன்மைக்கும் உள்ள நேரடித் தொடர்பை அவர் தான் முதலில் கூறியுள்ளவர். ஒலி நுட்பச் சாதனங்களை இயக்குவோரிடையே அப்போது குறைந்த அளவே மின்காயங்கள் ஏற்பட்டதன் காரணம் வானொலி நுட்பப் பொறிகள் அதிகம் தோன்றியதும் அவற்றின் நிறுவனர் ஒருவர் மின் பாதுகாப்பியலின் அடிப்படைகளைத் தெளிவாக்கியதும் ஆகும்.

மின் சாதனங்களின் தவிர்ப்பு பராமரிப்பு முறைகளின் வளர்ச்சிக்கும் "மின்னியல் பாதுகாப்பு" எனும் தலைப்பின் கீழ் வரும் எல்லாப் பிரச்சினைகளுக்கும் தீர்வு காணுதலும் கீழ்க்காணும் அமைப்புக்களால் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. லெனின்கிராட் மின்நுட்பக் கழகத்தின் தொழிலாளர் பாதுகாப்புப் பிரிவு, மாஸ்கோ மின் ஆற்றல் கழகம், விவசாய மின் மயமாக்கும் மாஸ்கோ கழகம், மாஸ்கோ இருப்பு வழி பொறியியற் கழகம், அனைத்துத் தொழிற்சங்க மின் நுட்பக் கழகம், தொழிலியல் மின் நிலையங்கள் மின் நிர்மாணங்கள் மின் விநியோகப் பகுதிகள் ஆகியவற்றைப் பார்வையிட்டு மேற்பார்வை செய்யும் பொறுப்பேற்ற அரசு ஆய்வகங்கள், அனைத்துத் தொழிற்சங்கக் குழுவின் லெனின்கிராட் தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகம் இன்னபிற.

இதில் ஈடுபட்டுள்ள கழகங்கள், அமைப்புக்களின் பட்டியல் மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகளைத் தீர்க்கச் செய்யப்பட்டுள்ள வேலைகளின் அளவை நிர்ணயிக்கிறது. பல ஆராய்ச்சியாளர்களும் பொறியாளர்களும் தக்கப் பாதுகாப்பு முறைகளை வளர்ப்பதில் ஈடுபட்டுள்ளனர். ஆனபோதிலும் அவை போதுமானதாக இல்லை என்பதைக் காண்போம்.

30ம் ஆண்டுகளில் "மின் ஆக்க நிலையங்கள், மூலங்கள் ஆகியவற்றின் நுட்ப வழிமுறைகள்" வகுக்கப்பட்டு நிலையாக்கப்பட்டன. மின் பாதுகாப்பிற்கு இது மிக முக்கியமானது. மேற்படி வழிமுறைகள் வெளியிடப்பட்ட பின்னர் தக்கப் பாதுகாப்பு முறைகளைக் கையாளுவது முக்கியமாக மின் சாதனங்களில் தவிர்ப்பு சோதனைகளை நடத்துவது எல்லா மின்சார நிலையங்களுக்கும் மூலங்களுக்கும் செய்ய வேண்டியதொன்றாகியது.

பிற்பட்ட 30ம் ஆண்டுகளில் "தொழிற்சாலைகளில் மின் சாதனங்கள் பயன்படுத்தற்கான வழிமுறைகள்" வெளியிடப்பட்டன. மின் சாதனங்களைப் பயன்படுத்தற்கான அதை ஏற்புடைத்தாக்கும் நியமங்கள் முக்கிய பங்கு வகித்தன. போர்க் காலங்களிலே கூடச் சாதனங்கள்

அதிகப் பளுவைத் தாங்கியபோதும் அதிக அளவில் தற்காலிக மின் செலுத்திகள் நிர்மாணிக்கப்பட்டபோதும் தொழிற்சாலைகளில் பெருமளவு புதியவர்களும் திறன் குறை வேலையாட்களும் வேலை பார்த்த போதும் மின் காயப்பாடு உயரவில்லை.

1961ல் வெளியிடப்பட்ட ''தொழிற்சாலைகளில் மின் சாதனங்களின் பாதுகாப்பான பராமரிப்பு பயன்படுத்தல் ஆகியவற்றின் வழிமுறைகள்'' என்ற வெளியீடும், மேலும் புதிய திருத்தப்பட்ட 1969ல் வெளியிடப்பட்ட ''மின்திறன் நிலையங்கள், மூலங்கள் ஆகியவற்றின் நுட்பப் பராமரிப்பிற்கான விதிமுறைகள்'' எனும் வெளியீடும் தொழிற்சாலைகளிலும் மின் நிலையங்களிலும் மின் பாதுகாப்பின் மேம்பாட்டிற்குப் பெரும் முக்கியத்துவம் நிறைந்தன.

மின் காப்பு விதிகளைச் செயலாக்குவதில் ஏற்பட்டுள்ள அனுபவம் இன்றைய விதிமுறைகள் திருத்தப்படவும் சுருக்கப்படவும் வேண்டும் எனக் காட்டுகின்றன. கையாளும் மனிதர்கள் நினைவு கொள்ள வேண்டிய விவரங்களின் குறைந்த அளவு பாதுகாப்புத் தேவைகளைச் சரியாகவும் கண்டிப்பாகவும் அமுலாக்க உதவும். இது மனிதத் தவறுகளால் ஏற்படும் விபத்துகளைக் குறைக்க உதவும். தானியல் மயமாக்குதலை மின் சாதனங்களிலும் மின் வழங்கல் கட்டுப்பாடுகளிலும் அதிக அளவில் பயன்படுத்தலால் பாதுகாப்பு விதிமுறைகளின் அளவைச் சுருக்குதல் அவசியமாகிறது.

2-2. மின் விபத்தின் எண் காரணிகள், மின்காயங்களை வகைப்படுத்தல்

மின் காயப்பாட்டை ஆராய்ந்து அறிக்கை அளித்தலில் கீழ்க் காணும் எண் காரணிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன :

1) *விரைவு மேனி காரணி :* ஒரு குறிப்பிட்ட கால கட்டத்தில் 1000 தொழிலாளர்களில் நிகழும் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை;

2) *தீவிர மேனி காரணி :* ஒரு குறிப்பிட்ட கால கட்டத்தில் 1000 தொழிலாளர்களில் விபத்துக்களால் இழக்கும் வேலை நாட்களின் எண்ணிக்கை.

3) *சராசரி வேலை கால இழப்புக் காரணி :* ஒரு விபத்தால் இழந்த வேலை நாட்களின் எண்ணிக்கை.

மேற்கூறும் காரணிகள் மின் விபத்துக்களைப் பாகுபாடின்றி ஒப்பு நோக்க உதவுகின்றன. மேற்படி காரணிகளை உபயோகப்படுத்திச் சோவியத் நாட்டிலும் முதலாளித்துவ நாடுகளிலும் நிகழும் காயப்பாடுகளை ஒப்புநோக்கினுல் தொழிலாளர்களின் சுகாதாரத்தைப் பேணுவதில் சோஷலிச முறையின் மேம்பாடு புலனுகிறது. விபத்துக்கள் ஏற்படுவதற்கான காரணங்களை நன்கு ஆய்வதற்கோ, தேசிய பொருளாதாரத்தில் முக்கியமாகப் பங்கு வகிக்கும் தொழிலகங்களில் ஆபத்துப் பகுதிகளைக் கண்டறிதலுக்கோ மேற்படி காரணிகள் போதுமானவை அல்ல.

மின் விபத்துக்களை ஆய்ந்து அறிக்கை தரும் முறைக்கு, இவ் வெண்ணிக்கைகள் தரும் விவரங்களின் வேறுபாடுகளைத் தவிர மேலும் பல தேவைப்படுகின்றன. காயங்களே ஏற்படாத அல்லது எப்போதோ தற்செயலாகக் காயம் நேரும் பகுதிகளையும் ஆபத்துப் பகுதிகளையும் பிரித்துக் காண்பிப்பதற்கு அவை தேவையாகும். இந்தக் கூடுதல் காரணிகள் வேறுபாடுகளைக் குறிப்பிடும் எண் குறியீடுகளுக் கானவற்றையும் (குறிப்பிட்ட பகுதிகளின் அம்சங்களைப் பெற்றவை) கருத்தில் கொண்டு மதிப்பிடப்பட வேண்டும். (உதாரணமாகப் பத்து லட்சம் யூனிட்டுகள் பயனாகும்போது, ஒரு லட்சம் டன் எஃகு உற்பத்தியின் பொழுது பத்து லட்சம் டன் கிலோமீட்டருக்குப் பொருட்கள் கொண்டு செல்லப்படும்பொழுது அல்லது ஆயிரம் சாதனங்கள் பராமரிக்கப்படும்பொழுது ஏற்படும் விபத்துகளின் எண்ணிக்கை).

1952ம் ஆண்டு லெனின்கிராடு மின்நுட்பக் கழகத்தின் பாதுகாப்பியல் பிரிவு எண் குறியீடுகளைப் பெரிய நகரங்களிலும் மாவட்டங்களிலும் ஏற்படும் மின்னியல் விபத்துக்களை ஆராய்வதற்காகப் பயன்படுத்தியது. அதாவது பத்து லட்சம் மக்களில் ஏற்படும் மின் விபத்துக்கள், 1 மில்லியார்டு யூனிட்டுகள் பயனாகும்போது ஏற்படும் விபத்துக்கள் ஆகியவற்றின் எண்களே அவை.

வெளியிடப்பட்டுள்ள விவரங்களிலிருந்து மேற்காணும் குறியீட்டு எண், பெல்ஜியம், ஜெர்மனி முதலிய பிற நாடுகளிலும் வழக்கிலுள்ளது என்பது தெரிய வருகிறது. அமெரிக்க எடிசன் மின்நுட்பக் கழகம் கீழ்க்காணும் குறியீடுகளைப் பயன்படுத்துகிறது [162]: விபத்துக்களின் விரைவு, பத்து லட்சம் வேலை செய்த மனித-மணிகளில் ஏற்படும் விபத்துக்களின் எண்ணுகை மதிப்பிடப்படுகிறது. விபத்துக்களின் தீவிரம் பத்து லட்சம் மனித-மணிகளில் மின் விபத்துக்களால் இழந்த வேலை மணிகளாகக் கணக்கிடப்படுகிறது. உபயோகிக்கப்பட்ட மனித-மணிகளின் முழு விவரங்கள் அதில் இல்லை. வேலை நாளின் நேரம் இல்லாததால் குறியீட்டு எண்கள் ஓரளவே சரியாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன.

கூடுதல் விவரங்களால் பாரபட்சமற்ற விரிவான ஆய்வு சாத்தியமாகிறது. ஆபத்துப் பகுதிகளைக் கண்டறிய முடிகிறது. இந்த அளவிலான குறியீட்டு எண்கள் விபத்துக்களைப் பற்றி உயர்மட்ட ஆய்வுகள் செய்வதற்கோ, விபத்தறிக்கைகளுக்கோ போதுமானதல்ல. அவற்றோடு சேர்ந்த கண்டிப்பான விஞ்ஞான ரீதியான மின்காயங்களின் வகைபாடுகளைக் கொண்டுதான் அது சாத்தியமாகும். ஆனால் எல்லா வகை உடற்காயங்களிலும் மின்னோட்டத்தின் மூலம் ஏற்படும் காயங்கள் தான் சரியாக வகைபாடு செய்யப்படவில்லை.

இந்நூலாசிரியர் கீழ்க்காணும் வகையிடுதலைப் பயன்படுத்துகிறார்:

1) உயிரிழப்பை விளைக்கும் காயங்கள்;

2) வேலை செய்ய ஒண்ணுததை விளக்கும் காயங்கள்;
3) வேலை நேரம் இழப்பு விளக்காத காயங்கள் (மின் அதிர்ச்சிகள்).

இந்த வகையீடு காயங்களின் விளைவுகளை மட்டுமே சுட்டிக்காட்டுகிறது. உடலில் ஏற்படும் விளைவுகளைக் குறிப்பிடுவதில்லை. எல்லா அளவு காயங்களையும் சுட்டிக்காட்டக்கூடிய உலகம் எங்கும் வழங்கும் குறியீடுகள் இல்லாமை வெவ்வேறு ஆராய்ச்சியாளர்கள் கண்ட விவரங்களை ஒப்பிடத் தடையாகிறது.

ஜி. ஃபிரென்கல் மின் காயங்களின் தீவிரத்திற்கேற்றபடி அவற்றை வகையிட முயற்சித்தார். வகையீடு பிரசினைகளை முதலில் எழுப்பியவர்களில் ஒருவரான ஆசிரியர் மனித உடல் மீது மின்னோட்டத்தின் குறிப்பிடத்தக்கப் பாதிப்பு ''வலிப்பு'' எனக் கூறினர் [122]. மின் காயப்பாட்டை இந்த வகையீடு கொண்டு ஆராய்வது முழுமையாக இல்லாவிட்டாலும் காயங்களின் தீவிரத்தைக் காட்டுவதற்கு இது போதுமான விவரங்களைத் தர முடியும். உள்ள விதிமுறைகளின்படி மின் விபத்துக்களைப் புலனாய்வதில் உள்ள குறைகளின் காரணமாக ஜி. ஃபிரென்கல் கூறிய வகையீடு பயன்படுத்தப்படவில்லை. புலனாய்வு விதிகளைக் குறிப்பிடும் அதிகாரபூர்வ அறிக்கைகள் காயங்களின் தீவிரத்தைப் பற்றிய பல்வேறு தன்மைகளைக் குறிப்பிடுவதில்லை. கீழ்க்காணும் பத்தியில் இது விவரமாக விவாதிக்கப்படும்.

2-3. அறிக்கைகளின் தகவல்களை ஆராய்ந்து பயன்படுத்தல்

ஆபத்துப் பகுதிகளை அறிதலுக்கும் விபத்து தவிர்ப்பு நடவடிக்கைகளை மேம்படுத்தலுக்கும் மின் ஓட்ட விளைவுகளின் பல்வேறு அபாயங்கள் பற்றி விரிவாகவும் முறைப்படியும் அறிந்த விவரங்களும் மின் காயப்பாட்டின் பொதுவான ஆய்வுகளும் அவசியமாகின்றன. தனிப்பட்ட தொழில் அகங்கள், விவசாயத்தின் சில பகுதிகள், தொழிலின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் மின் பாதுகாப்பின் மேம்பாட்டிற்கு மின் காயங்களை ஆராய்தல் முக்கிய கருவியாகிறது. எல்லாவகை உடற்காயங்களிலும் மின் காயங்களே ஆராய்வதற்குக் கடினமானவை, சிக்கலானவை. அவற்றின் காரணங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்குப் புலனுய்வோருக்குப் பல்வகையான அறிவுகள் தேவை. ஆகவேதான் அந்தப் புலனுய்விற்கும் கிடைக்கும் விவரங்களை மதிப்பீடு செய்வதற்கும் பொது விஞ்ஞான முறையியல் தேவைப்படுகின்றது. மின் விபத்துக்களின் மூல காரணங்களை ஆயும் முறைகளின் வளர்ச்சிக்கு அனைத்துத் தொழிற்சங்கப் பொதுக் குழுவின் லெனின்கிராடு தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகம் பெரும் பங்கு ஆற்றியுள்ளது. ஆயினும் சிறிதளவே ஆனாலும் இன்றுள்ள குறைபாடுகள், ஒவ்வொரு மின்காயத்தையோ, மின் காயப்பாட்டையோ பொதுப்படையாக ஆராய்வதில் தடையேற்படுத்துகின்றன.

நவீன அறிவியல் வளர்ச்சியின் தனிப்பட்ட அம்சம் மாதிரி முறையின் உபயோகம்தான். மின்னேட்டம், அதனுல் விளையும் மின் அதிர்ச்சி ஆகியவற்றின் விளைவுகளை விலங்குகளின் மீது ஏற்படுத்திக் கவனிக்க இயலும்; குறைந்த அளவு மின் அழுத்தம், மின்னேட்டம் இவற்றைக் கொண்டு குறைந்த காலத்தில் மனிதர்கள் மேலும் அவ்வாறே செய்ய இயலும். கிடைக்கும் விவரங்களை உண்மை நிலைகளுக்குப் பொருத்திப் பார்ப்பது மிகவும் சிக்கலானது (அந்தச் சிக்கல்கள் பின்னர் விவாதிக்கப்படும்). ஆபத்தான நிலைமைகளைச் சரியாக மதிப்பிடும் பிரசினை நெடுநாளாக விவாதத்திற்குரிய தலைப்பாக இருந்து வருகிறது. மின் விபத்துக்களைப் பற்றிய ஆய்வு மின்காயப்பாட்டின் பகுதிகளைக் கண்டறிவதற்கு மட்டுமின்றி, மின்னேட்டத்தின் அபாய எல்லைகளைப் பற்றிய நமதறிவை விருத்தி செய்வதற்கும் (ஆபத்தான மின் அழுத்தம், மின்னேட்டம், காலம் ஆகியவற்றைப் பொருத்தவரையில்) முக்கியமானதாகும். குறைந்த அழுத்த அபாயங்கள் பற்றிய விளக்கம், மனிதன் மேல் பாயும் மின்னேட்டத்தின் அபாயக்கால அளவு பற்றிய தூய அறிவு ஆகியனவும் மிக முக்கியமானவை.

சரியாக உறுதிப்படுத்துவதற்கு அதிக அளவில் ஒப்புக்கொள்ளக் கூடிய புள்ளி விவரங்கள் தேவைப்படுகின்றன. மின் விபத்துக்களைப் பற்றித் தொகுக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி விவரங்களைச் சிறிய அளவில் அனுமானிப்பது உறுதியாக முடிவுகளைத் தரவில்லை. அதிகப்படியான சர்ச்சைகளையே தந்தன. இறுதி வருடங்களாகச் சோவியத் நாட்டில் மின் காயங்கள் நன்கு அலசி ஆராயப்பட்டு வருகின்றன. தேவையான தகவலேடுகளும் பதிவேடுகளும் திருத்தமாகப் பராமரிக்கப்படுகின்றன. ஆனுலும் மின் அதிர்ச்சிக்குக் காரணமாகும் பல முக்கிய சந்தர்ப்பங்கள் இது வரை தெரிவிக்கப்படவில்லை. உதாரணமாக, பல நேரங்களில் ஆபத்துப் பகுதிகளில் உள்ள மூலங்களின் மின் அழுத்தம் குறிப்பிடப்படுகின்றன. காயத்துக்குக் காரணமான அழுத்தம் குறிக்கப்படுவதில்லை (இவ்விரண்டும் பல தடவைகளில் வேறுனவை).

காயம் விளைத்த மின் அழுத்தம் என்பது மனித உடலின் பால் ஏற்படும் அழுத்தமாகும். அதுவும் மின் ஓட்டப் பாதையில் தடைகளால் ஏற்படும் (காலணி, உடை, தரை) அழுத்தத்தின் குறைவைக் கவனத்திலெடுக்க வேண்டும்.

காயம் விளை அழுத்தங்களின் குறிப்பிட்ட எல்லைகள் இல்லாதது புலனய்வு அறிக்கைகளில் தவறுன குறிப்புக்களாகும். மின்சாரம் இல்லாத மேல் நிலைக் கம்பித் தொடர்களில் வேலை செய்யும்போது கீழே விழுந்த சம்பவங்களும், மின் சாதனங்களின் பழுதுகளால் ஏற்படும் பல்வேறு மோதல் காயங்களும் (மெகானிகல்) தவறுதலாக மின் காயங்களாகக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. வேலை இயலாமை விளைக்காத மின் அதிர்ச்சிகள் தெரிவிக்கப்படுவது இல்லை.

இந்த விஷயம் விரிவாக எடுத்துக்காட்டப்பட வேண்டியுள்ளது.

தொழில் காயப்பாட்டைப் பற்றிப் பொதுவாக எழுதும்போது (பாரா 1-3) சோவியத் நாட்டில் மெல்லிய காயங்கள் (மோதல்/மெகானிகல்) வேலை இயலாமை விளைக்காதவையும் தற்காலிக இயலாமையை விளைப்பவையும் ஆபத்தான காயங்களைவிட அதிகம் எனக் குறிப்பிட்டுள்ளோம். இந்த முடிவு, மெல்லிய, கடும் காயங்களை உள்ளடக்கிய எல்லா மோதல் (மெகானிகல்) காயங்களைப் பற்றியும் தெரிவிக்கப்பட்ட விவரங்களை ஒட்டியே மேற்கொண்டோம். துரதிருஷ்டவசமாக மெல்லிய மின் காயங்கள் என்று கூறப்படுபவை (மின் அதிர்ச்சி அல்லது மின் ஒட்ட அதிர்ச்சி என்று வழங்கப்படுபவை) அலட்சியப்படுத்தப்படுகின்றன. ஆனால் இந்த அதிர்ச்சிகளில் சில அவற்றின் பின் விளைவுகளைக் கருதும்போது தெரிவிக்கப்படும் [30] தன்மையுள்ள சிறு காயங்களான கைவெட்டு சிராய்ப்பு ஆனவற்றைவிடச் சுகாதாரத்துக்குக் கேடு விளைவிக்கக் கூடியன.

மெல்லிய மின்காயங்களின் (மின் அதிர்ச்சிகள்) முக்கியத்துவம் வெளிநாட்டு ஆராய்ச்சியாளர்கள் கவனத்தையும் கவரத் தொடங்கி உள்ளன. அப்படித்தான் பி. ஒஸிப்கா [204] அத்தகைய அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கையை மதிப்பிட முயற்சித்து ஒரு மின் தொழிலாளிக்கு ஆண்டொன்றுக்கு 3 முதல் 5 வரை மின் அதிர்ச்சிகள் ஏற்படுவதாகக் கூறினர்.

மெல்லிய இயக்கக் காயங்களைப் பதிவு செய்தல் முற்றிலும் நியாயமானதே. ஏனென்றால் உழைப்பு காப்பு, பாதுகாப்பியல் ஆகியவற்றின் விதிகள் மீறப்படுவதை அது வெளிக்கொணருகிறது. சிக்கல்கள் நேர்வதைத் தவிர்ப்பதற்கான போதுமான தடுப்பு நடவடிக்கைகள் எடுக்க உதவுகிறது (வெட்டுக் காயங்களுக்குக் கிருமி நாசினிகளைப் பயன்படுத்தல் போன்றவை). ஒரு மனிதனுக்கு வேலை இயலாமை விளைக்காத போதிலும் சாதாரண மின் காயங்களைப் பதிவு செய்தல் மிக்கப் பயனுள்ளதாகவும் உடனடியாகத் தேவைப்படுவதாகவும் கருதப்பட வேண்டும். இத்தகைய பதிவுகள், மின் அதிர்ச்சிக்கு ஆளானவர் எந்த முறையில் கூடுதல் விடுப்புக்கள் அளிக்கப்படலாம் அல்லது உடல் நலம் மீண்டும் பெறுவதற்கு என்ன பயனுள்ள முறைகள் செயல்படுத்தப்படலாம் என்று குறிப்பிட உதவும்.

பட்டறிவின் அடிப்படையில் பார்க்கும் போது தொழிற்சாலைகளில் மருத்துவ உதவி மையங்களிலோ, குறிப்பிட்ட தொழில் பகுதிகளைக் கவனிக்கும் மருத்துவ நிலையங்களிலோ மின் அதிர்ச்சிகள் உள்ளிட்ட சாதாரண, இயலாமை விளைக்காத, தொழில் விபத்துக்கள் பற்றிய பதிவேடுகள் வைத்திருத்தல் சிறந்த பழக்கம் என்று புலனாகிறது. குறிப்புகள் எழுதும்போது அளிக்கப்பட்ட மருத்துவ உதவி, விபத்து நேரிட்ட சந்தர்ப்பங்கள் ஆகியன சுருக்கமாகவாயினும் குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.

புலனாய்வுக் குறிப்புகளைக் கொண்டு மின் காயப்பாடு மீது விரிவான ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்படாமைக்கு விபத்துக்கள் நிகழ்ந்த சந்தர்ப்பங்கள் நன்கு அறியப்படாததும் முக்கிய காரணங்களில் ஒன்றாகும். மிகவும் வருத்தப்பட வேண்டியது என்னவென்றால் புல னாய்வு அறிக்கைகளில் ஓர் அறையின், தரையின், வெப்பதட்பநிலை, காற்றின் நீர்மை, பாதிக்கப்பட்டவரின் உடை, காலணி ஆகியவற்றின் தன்மை பற்றி விவரங்கள் இருப்பதில்லை. இவற்றினால் முக்கிய தவறுகள் ஏற்படக் கூடும். எரிபுண்களால் ஏற்பட்ட உயிரிழப்பைக் குறிப்பிடுகையில் அந்த எரிபுண் மின் ஓட்டத்தால் ஏற்பட்டதல்ல, மனிதன் பால் மின் ஜுவாலையால் ஏற்பட்டிருக்கலாம் எனும் உண்மை தெரிவிக்கப்படுவதில்லை. எப்போதாவது ஒரே நேரத்தில் மின் ஜுவாலை மற்றும் உடலில் மின் ஓட்டம் பாய்வதும் சேர்ந்து நிகழும்பொழுது ஏற்படும் உயிர்கொல்லி எரிபுண்களால் வெப்ப விளைவுகள் நேரிடுகின்றன.

தொழில் மின் விபத்துக்களைப் பற்றிய விவரங்களைத் தொகுக்கின்ற பொழுது சோதனை மின் மருத்துவ இயல் மூலம் அதிர்ச்சி அபாயங்களை நிர்ணயிக்கும் பல அளவீடுகளை அடைய வேண்டியிருக்கிறது.

ஆகையால் இப்போதுள்ள புள்ளி விவரங்களும் விபத்துப் புலனாய்வு விளைவுகளும் மின்னோட்டத்தின் ஆபத்தான அலகுகளை நிர்ணயித்தலில் முன்னேற்றம் காண உதவவில்லை. எஸ். ஏல்லினெக் [183] என்பார் விலங்குகள் மேல் மேற்கொண்ட ஆய்வுகளால் கண்ட மின்னோட்டத்தின் எதிர்பார்க்கும் அபாயத்திற்கும் மோசமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் மின் விபத்துக்களின் உண்மை அபாயத்திற் கும் உள்ள முரண்பாடுகளைச் சுட்டிக் காட்டினார். மின் பாதுகாப்பு, மருத்துவம், நுட்பவியல், மின் பௌதிகம் ஆகியவற்றின் எல்லைகளில் அமைந்துள்ளது என்று அவர் கூறினார்:

"மின் பாதுகாப்பின் எல்லையானது மருத்துவ அறிவு, தொழில் நுட்பம் மற்றும் இயற்பியல் முதலான பலமுனைப்பட்ட பொருட்களின் பாலான அறிவை, அவ்வியலின் திறனாளிகளிடமிருந்து எதிர்பார்க்கிறது. இத்தகைய சிரமங்களால்தான் மின் பாதுகாப்பியல் இன்றுவரை ஒரு தனிப்பட்ட விஞ்ஞானமாக உருவெடுக்கவில்லை. எங்கள் எண்ணப்படி இத்தகைய நிலையின் ஓர் காரணம் மின் பாதுகாப்பியலின் அடிப்படைத் தத்துவங்கள், அது ஒரு தனிப்பட்ட விஞ்ஞானமாக மின் பாதுகாப்புக்குரிய விவரம், முறைகளிலிருந்து தோற்றுவிக்கப்படாததேயாகும்.

இந்த அடிப்படைத் தத்துவங்கள், உடற்கூறு வல்லுநர்கள், மருத் துவ ஆய்வாளர்கள், உடற்குறை மருத்துவர்கள், உடல்நலம் பேணு வோர், எக்ஸ் கதிர் நிபுணர்கள் ஆகியோராலும் ஓரளவிற்குப் பௌதிக வியலாளர்கள், மின்னியலாளர்களாலும் உருவாக்கப்பட்டவை. பின் குறிப்பிடப்பட்டவர்கள் மின் பாதுகாப்பியலின் அடிப்படைத் தத் துவங்களைப் படிக்கின்ற பொழுது மின் தொழில் நுட்பவியலுக்கும்

இயற்பியலுக்கும் இயைந்த ஆராய்ச்சி முறைகளை மேற்கொள்ளாது உடற்கூறு வல்லுநர்களின் முறைகளையே மேற்கொண்டார்கள். இப்போதும் மேற்கொள்ளுகிறார்கள். ஆகவே காயங்களின் தீவிரத்திற்குக் காரணமான மின்னோட்ட அலகுகளைத் தீர்மானிக்க மின்காயங்கள் புலனாய்வு விபரங்கள் போதுமளவில் பயன்படுத்தப்படவில்லை.

ஆசிரியர் மின் காயங்களின் சில ஆயிரம் சந்தர்ப்பங்களைப் பற்றிய விபரங்களைப் பார்வையிட்டதால் ஏற்பட்ட பொதுப்படையான சொந்த அனுபவங்களை இந்த அத்தியாயம் உள்ளடக்கியுள்ளது. ஆய்வின்போது பயன்படுத்தப்பட்ட விபத்துக்களைப் பற்றிய விபரங்கள் கீழ்க்காணும் இடங்களிலிருந்து பெறப்பட்டுள்ளது:

1) மாவட்டத் தொழிற்சங்கக் குழுக்களின் அறிக்கைகள்;

2) மின் வழங்கு அமைப்புகளின் தொழில் நுட்ப மேற்பார்வைகளின் அறிக்கைகள்;

3) அமைச்சகங்கள், இலாகாக்களின் தொழிலாளர் பாதுகாப்புப் பிரிவுகள்;

4) ஆம்புலன்ஸ் சேவை அறிக்கைகள், மருத்துவ ஆய்வாளர் பத்திரங்கள்;

5) லெனின்கிராடு தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகத்தின் அறிக்கைகள்;

6) உள்நாட்டிலும் வெளி நாட்டிலும் வெளியிடப்பட்டுள்ள பல பத்திரிக்கைகளில் வந்துள்ள விபத்துகள் பற்றிய புள்ளி விவரங்கள்;

7) பேராசிரியர் ஏ. மானுய்லாவ் 1904 முதல் 1927 வரை ''ஜெலியாஸ்'' என்ற மின் நிலையம் மற்றும் அதன் மின் ஊட்டிகளில் ஏற்பட்ட மின் விபத்துக்களிலிருந்து தொகுத்த விபரங்கள்.

8) ஆசிரியரின் ஒத்துழைப்போடு அளிக்கப்பட்டுள்ள விபத்தாய்வு அறிக்கைகள். மேற்கூறிய விவரங்களும் முழுமையானவை அல்ல. சில தொழிற்சங்க மையக் குழுக்களாலும் மின் நிலையங்களாலும் விபத்துக்களைப் பற்றி எழுதப்பட்ட அறிக்கைகளும் முழுமையானவை அல்ல.

பொதுவாக அவ்வறிக்கைகளில் தொழில் நுட்ப அல்லது மருத்துவ ஆய்வுகளின் அறிக்கைகள் கொடுக்கப்படுவதில்லை. தனிப்பட்ட சாதனங்கள் மேல் நடத்தப்பட்ட மின்காப்புத் தன்மைச் சோதனை அறிக்கைகளும் நிறைவற்றே காணப்படுகின்றன.

மேலே விவாதித்த செய்தியின் முக்கியக் குறைபாடுகள் காயமூட்டும் மின் அழுத்த விவரங்களின் நிறைவற்றத்தன்மையே ஆகும். அலுவலக அறிக்கைகள் ஒரு சாதனத்தின் மின் அழுத்தத்தையே குறிப்பிடுகின்றன (சிலவற்றில் அதுகூடக் குறிப்பிடப்படுவதில்லை). அது மின் விபத்து விளைவிக்கும் மின் அழுத்தத்தைவிட அதிகமானதாகும். எனினும் அத்தகைய விவரங்கள் இருந்தால் மின்னோட்டம் சுமக்கும் பகுதிகளின் இருமுனைத் தொடுகைகளை (contacts) ஆராய்வதற்குத் துணையாக இருக்கும். இப்படிப்பட்ட இடங்களில் காயப்படுத்தும் மின் அழுத்தமும்

சாதனத்தின் இயக்க மின் அழுத்தமும் ஒன்றேயாகும்.

மின் சாதனங்களிலுள்ள மின் அழுத்தங்களுக்கும் விபத்துக்களுக்கும் உள்ள தொடர்பின் அளவீடுகள் பற்றிய விவரம் மிகக் குறைவானதாகவே இருந்துள்ளதால் ஆசிரியர் மின் அழுத்தங்கள் தொடர்பாகச் சேர்த்துள்ள காயங்களின் எண்ணிக்கையைச் சம்பந்தப்பட்ட விவரங்கள் முழுமையாக இல்லாவிடினும் குறிப்பிடத்தக்கவையே ஆகும்.

மின் விபத்துக்களைப் புலனுயும்போது சேர்க்கும் விவரங்களின் முழுமையின்மையின் காரணம் அலுவலக அறிக்கைகளின் தவறு மட்டுமின்றி அவ்விவரங்களைச் சேகரிப்பதில் உள்ள சிரமமும் ஆகும். மின்காய விபத்துக்களின் புலனுய்வு முழுமையடைய வேண்டுமென்ருல் விபத்து நடந்த உடனேயே அது துவங்கப்பட வேண்டும். தொழில் நுட்ப நிபுணர்களோடு மருத்துவர்களும் அதில் பங்கேற்க வேண்டும். மேற்கூறிய தகுதி பெற்றவர்கள் துணையோடு அப்படிப்பட்ட முழுமையான புலனுய்வு மின் விபத்துக்கள் நடந்த உடனேயே செய்ய மேற்கொள்ளப்படும் முயற்சிகள் முறியடிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. பின்னுல் மேற்கொள்ளப்படும் புலனுய்வினுல் சந்தர்ப்ப சாட்சியங்களையோ விபத்து விபரங்களையோ உறுதிப்படுத்த முடிவதில்லை.

இந்த விஷயங்கள் அனைத்தும் அறிவிக்கப்பட்ட விவரங்களின் நிறைவின்மையை முன்னரே நிர்ணயித்து விடுகின்றன. சரியான அறிக்கை அளித்தலுக்கும் தொடரும் மின் விபத்துக்களின் பாலான ஆய்வுகளுக்கும் பெரிய தடை போதுமான பிணச்சோதனை விவரங்கள் இல்லாமையே. எஸ். ஏல்லினெக் அவர்களது முன்மொழிதலை ஒட்டி 1910ல் அகில உலக மருத்துவ ஆய்வாளர்கள் மாநாடு நிறைவேற்றிய தீர்மானம் மின்னல், மின்னதிர்ச்சிகளால் இறந்தோரின் பிணப்பரிசோதனையைக் கட்டாயமாக்குவதே. அந்த மாநாட்டிற்குப் பத்தாண்டுகள் முன்னரே முதலாம் ரஷிய மின் பொறியியல் மாநாடு அத்தகைய முடிவை மேற்கொண்டது நினைவு கூரத்தக்கது.

1935ல் மின் விபத்துக்களின் [84] மதிப்புரையில் எஸ். ஜெல்லினெக் எழுதினுர் :

"என்னுடைய முன்மொழிதல் அனைவராலும் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டாலும் மின்னல், மின்தாக்குதலால் இறந்தோரைப் பிணப்பரிசோதனை செய்வது அரிதாகவே கடைப்பிடிக்கப்படுகிறது".

சோவியத் நாட்டிலே மின் தாக்கலுக்கு இரையானவர்களின் பிணப்பரிசோதனை செய்ய வேண்டிய விதிமுறை நடப்பில் உள்ளது. அதன் அடிப்படை நோக்கம் சாவின் காரணத்தை உறுதிப்படுத்தலும் பரிசோதனை விளைவுகள் விபத்துக்களின் சந்தர்ப்பங்களோடு ஒத்துப் போகின்றனவா எனச் சரிபார்த்தலுமேயாகும். துரதிர்ஷ்டவசமாக கீழே காணப்படுவன போன்ற தவறுகள் நேரிடுகின்றன.

சம்பவம் 2-1. ஒரு கட்டுமான இடத்தில் உள்ள ஒரு கோத்திணைப்பு ஆலையின் தொழிலாளிகள் ஒரு திங்கட்கிழமை காலை வேலைக்கு வந்தபோது

அந்த ஆலேயின் முகவர் (ஃபோர்மேன்) தரையில் நெஞ்சுப்பக்கம்பட்டபடுத் திருப்பதைக் கண்டனர். முகவரின் கைகள் ஒரு பழுதுள்ள 220 வோ நகரும் விளக்கினைத் தொட்டுக் கொண்டிருந்தன. தொழிலாளர்கள் கூற்றின்படி சனிக்கிழமை மாலே தொழிலகத்தில் முகவர் ஆணைகளை நிறைவேற்ற வேண் டியிருந்தது. அவர் கைகளில் எரிபுண்கள் இருந்தமையாலும் மின்னோட்டம் நெடுநேரமாக அவர் உடல் வழியே பாய்ந்து கொண்டு இருந்தமையாலும் அவர் இறப்பின் காரணம் மின்னேட்டமே என்று மருத்துவ ஆய்வாளர் நிலேநாட்டினர். ஆனல் புலனாய்வின் போது திட்டமிட்ட கொலேயும் பின்னர் ஏற்படுத்திய மின் விபத்தும் குற்றம் சாட்டுவோரால் நிலேநாட்டப்பட்டது. மீண்டும் செய்யப்பட்ட பிணப்பரிசோதனேயின் மூலம் அவர் தலேயில் உயிரை வாங்கும் அளவிற்கான அடி ஒன்றைப் பெற்றிருந்தார் என்று தெரிய வந்தது.

மருத்துவ-குற்றவியல் பிணப்பரிசோதனே சாவின் காரணத்தை வெளிக்கொணர்ந்தாலும் விபத்துக்களை முழுமையாக ஆய்வதற்குக் குறைவான தகவல்களேயே அளிக்கிறது. தீவிர விளேவுகளே ஏற்படுத்தும் மின்னேட்ட அலகுகளே நிர்ணயிப்பதற்கு அவை போதுமானவை அல்ல. சில சமயங்களில் பிறிது விவரங்கள், பிணச் சோதனே அறிக்கைகளில் மிகுந்திருப்பது புலனாய்வில் ஈடுபட்டுள்ள பொறி யாளர் உயிரிழப்பை விளக்கும் மின்னேட்ட அலகுகளேப் பரி சோதனே விவரங்களின் மூலம் விரிவாக ஆராய்வதை இயலாது ஆக்குகின்றன. தொட்ட பொழுது உயிர்க்கொல்லி மின்னேட்டத் தைச் செலுத்தும் மின் பகுதிகளேக் கண்டறிவதில் ஏற்படும் தவறு களுக்கு இது காரணமாகிறது.

பெருவாரியான பிற நாடுகளில் இருப்பதற்கு மாறுகச் சோவியத் நாட்டில் மின்காயங்கள் உட்பட விபத்துக்களே அறிவித்தலும் பதிவு செய்தலும் வழக்கமான நியதியாக உள்ளன. தேசியப் பொருளாதா ரத்தின் சில துறைகளில் குறிப்பாக விவசாயம் பொது பயன்பாட்டு அமைப்புகள் ஆகியவற்றில் இந்த வழக்கம் சில சமயங்களில் கண்டிப்பாகப் பின்பற்றப்பட்டதில்லே.

சிறிய நகரங்களிலும் கிராமப் பகுதிகளிலும் வீடுகளில் மின் னேட்டத்தால் ஏற்பட்ட விபத்துக்கள் அரிதாகவே தெரிவிக்கப்பட் டுக் குறைவாகவே பதிவு செய்யப்படுகின்றன. ஆனல் முக்கியமான சம்பவங்களில் சட்டப் பிணச் சோதனேயும் குற்றம் சாட்டுவோர் புலனாய்வும் மேற்கொள்ளப்பட்டபொழுது இந்தக் குறைகள் வெளிப் பட்டன. ஆகவே உலகிலேயே அதிக அளவு முழுமையாகச் சோவியத் நாட்டிலே மின் விபத்துக்கள் ஆய்வு செய்யப்பட்டுத் தெரிவிக்கப் படுகின்றன என்று சொல்லப் போதுமான முகாந்திரம் உண்டு. அதனுல் அபாய இடங்களேக் காண வழியாகும் மின் காயங்கள் தடுப்பு நடவடிக்கைகளே ஊக்குவிக்கும் அதன் மூலம் பொதுவான, குறிப்பிட்ட விபத்துத் தடுப்பு முறைகளே வகுக்கவும் இயலுகிறது. சோவியத் நாட்டில் மின்காயப்பாட்டைப் பற்றிய புள்ளி விவரங்களேயும் ஒரே மாதிரியான நியதியான இத்தகைய வழக்கமில்லாத முதலாளித்துவ

நாட்டுப் புள்ளி விவரங்களையும் பார்க்கையில் சோவியத் நாட்டின் நிலை பிரதி கூலமாகவே தோற்றுகிறது. அவ்வகையான ஒப்பு நோக்கல் அறிவுரைப்பதாக இல்லை. ஆனால் அது சோஷலிச நாடு களில் தொழிலாளர்கள் எவ்வாறு பாதுகாக்கப்படுகிறார்கள் என்பதைக் காட்டுகிறது.

2-4 முதலாளித்துவ நாடுகளில் மின் விபத்துக்களின் தன்மைகள்.

தனிப்பட்ட நாடுகளில் நெடும் காலங்களாக மின் காயப்பாட் டைப் பற்றிய முழுமையான புள்ளி விவரங்கள் இல்லாமையால் எஸ். ஜெல்லினெக் (33, 183) எழுதிய கட்டுரைகளைப் பார்க்க வேண்டியுள்ளது. 1956லிருந்துதான் தொழில் மின் காயப்பாட்டைப் பற்றி ஆய்வுரை செய்த தனி வெளியீடுகள் வெளியிடப்பட்டன. அமெரிக்க நாடு, ஆஸ்திரியா, பிரிட்டன், மேற்கு ஜெர்மனி, பெல்ஜியம் இன்ன பிற நாடுகளில் மின் காயப்பாட்டின் தன்மையைக் குறிக்கும் வெளியீடுகள் வெளியிடப்பட்டன (99, 100, 101, 102, 103).

வெளி நாடுகளில் தற்போது வெளியிடப்பட்டுள்ள மதிப்புரைகள் அந்தந்த நாட்டில் பல்வேறு தொழிலகங்களில் நடந்த விபத்துக்களின் பொதுப்படையான தன்மையையே தருகின்றன. இவற்றில் குறிப்பிடத் தக்கவை எடிசன் மின் தொழில் நுட்பக் கழகத்தின் முறையாக வெளியிடப்படும் அறிக்கைகளும் பிரிட்டன் தொழில் ஆய்வகத்தின் அறிக்கைகளுமே.

வெளியிடப்பட்ட விவரங்களைப் படிக்கும்போது மின் காயங்களை அறிவித்தல், மதிப்பிடுதல், புள்ளி விவரங்களை ஆய்தல் ஆகிய பிரச்சினைகளுக்கு ஒரே மாதிரியான அணுகுமுறை இல்லாமையால் ஆசிரியர்களின் முடிவுகளில் முரண்பாடுகள் உள்ளன. வெளிநாடு களில் வெளியிடப்பட்டுள்ள புள்ளிவிவர மதிப்பீடுகள் வெவ்வேறு நாடுகளில் உள்ள விபத்து அறிவிக்கும் முறைகள் வெளியிடப்படுவ தில்லை. மின்சாரம் வழங்குதலின் பொதுமட்டத்தையும் உற்பத்தியின் தன்மையையும் கருத்தில் கொண்டு, அந்த நாடுகளில் நடந்த மொத்த விபத்துக்களின் எண்ணிக்கையையும் அபாயமான மின் காயங்களின் எண்ணிக்கையையும் ஒப்பிடும்போது விபத்துக்களைத் தெரிவித்தலிலும் ஆய்வதிலும் உள்ள முக்கிய வேறுபாடுகள் காரணமாகவே அந்தப் பெரும் குறைபாடுகள் நிகழுவதைக் காணலாம்.

மின் காயப்பாட்டைப் பாரபட்சமின்றி ஆராய்வதற்கு வெளி நாட்டுப் பத்திரிகைகளில் தற்சமயம் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் போதுமானவை அல்ல. 'மின் பொறியாளரும் வணிகரும்' (163) எனும் பத்திரிகையில் அமெரிக்க நாட்டு மின் காயப்பாட்டைப் பற்றிய மதிப்புரையில் 37ம் பக்கம் இரண்டாம் பாகத்தில் 1956ல் அமெரிக்க நாட்டில் 109 உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்கள் நடந்ததாகத் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. அதே பக்கத்தில் 3ம் பத்தியில் அமெரிக்கத் தொழிலகங்களில் பத்து லட்சம் பேருக்கு 23 மின்னல் ஏற்பட்ட

உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்கள் நடந்ததாகக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இந்த எண்ணிக்கைகளை ஒப்பு நோக்கிய பிறகு அமெரிக்க நாட்டுத் தொழிலகங்களில் 47.5 லட்சம் மக்கள் பணியாற்ற வேண்டும் என்ற கணக்கு வருகிறது. அது சரியாக இருக்க முடியாது.

எஸ். யங் (227) என்பவரின் அறிக்கையும் அமெரிக்க நாட்டில் அதிக அளவு தொழில் விபத்துகள் நிகழ்வதைக் குறிப்பிடுகிறது. அந்த அறிக்கையில் அமெரிக்க நாட்டில் மின் விளக்கியல், மின் தொழில் நுட்பத் தொழில்களில் (மின் நிலையங்கள், மூலங்கள் ஆகியவைகளைச் சேர்க்காமல்) 1953 ஆம் ஆண்டு உட்பட 13 ஆண்டு காலத்தில் நிகழ்ந்த உயிக்கொல்லி காயப்பாட்டின் நேர் விவரங்கள் அடங்கியுள்ளன.

'மின்னியற்காலம்' எனும் பத்திரிக்கையில் வெளியிடப்பட்டுள்ள கட்டுரையில் (166) 1958ல் அமெரிக்க நாட்டில் நிகழ்ந்த 714 மின் விபத்துகளின் ஆய்வு தரப்பட்டுள்ளது. இந்த விவரங்கள் அமெரிக்க நாட்டில் விபத்துக்களைத் தெரிவித்தலிலும் ஆய்வதிலும் உள்ள திருப்தியற்ற நிலையையே காட்டுகின்றன. ஆசிரியர் உயிர்க் கொல்லிகள் அலுவலக விவரங்கள், அதிகார பூர்வமற்ற விவரங்கள் மூலம் கிடைத்த எண்ணிக்கைகளில் மூன்றில் ஒரு பங்கிலும் குறைவு என்பதை மறைக்கவில்லை.

இதனையும் தொழில் காயப்பாடு பற்றிப் பத்திரிக்கைகளில் வெளியாகும் இதர புள்ளி விவரங்களையும் ஆராய்ந்து அமெரிக்கத் தொழில்களில் தொழிலாளர்கள் மற்றும் அலுவலகப் பணியாளர் பற்றிய விவரங்களையும் இணைத்து நோக்கும்போது 1950ம் ஆண்டு களில் ஆண்டொன்றுக்கு 1,200 உயிர்க்கொல்லி மின்காயங்கள் அமெரிக்க நாட்டில் நிகழ்ந்ததாக நாம் அறியலாம். தற்போதைய காலங்களில் மின்காயங்களால் ஏற்படும் உயிரிழப்புக்கள் 2,000 ஐ எட்டுகின்றன.

இந்த முடிவு அமெரிக்க நாட்டில் விபத்துக்களைப் பற்றி ஆராய்ந்த சி. பூலே என்பார் கண்டறிந்த விபரங்களோடு முரண்படவில்லை. அவரது அறிக்கையில் (101) பத்து லட்சம் வேலை செய்த மனித-மணிகள்பால் மின் விபத்துகளின் எண்ணிக்கையைக் குறிப்பிடும் ஒரு காரணியை அளிக்கிறார். பணியாற்றும் தொழிலாளர்களின் எண்ணிக்கையைப் பற்றிய அதிகாரபூர்வமான விவரங்களோடு இந்தக் காரணியைத் தொடர்புபடுத்தும்போது ஆண்டொன்றிற்கு நிக ழும் மின் காயங்களின் எண்ணிக்கையை தோராயமாகக் கணிக்கலாம். மேற்படி விவரங்களைக் கொண்டு கணக்கிடும்போது 1957ல் அமெரிக்க நாட்டில் மின்காயங்களால் ஏற்பட்ட உயிர் இழப்புக்கள் 850 என்று வருகிறது. வீடுகளிலும் தொழில் தொடர்பற்ற இடங்களிலும் நடை பெற்ற மின் காயங்களைச் சேர்த்தால் மொத்தம் 1,300 லிருந்து 1,400 வரை இருக்கும். வேறுவகையாகப் பெறும் விவரங்களோடு இது ஒப்புமை பெறுகிறது. சி. பூலே பத்து லட்சம் தொழிலாளர்களுக்கு

என்ற விகிதத்தில் நிகழும் மின் காயங்களின் எண்ணிக்கை குறைந்திருப்பதாகக் குறிப்பிட்டது உண்மைதான். ஆனல் இந்தக் குறைவின் விகிதம் போதுமானதல்ல. மின்காயங்கள் அமெரிக்க நாட்டில் நிகழ்வது உயர்வாகவே உள்ளது.

அறிக்கையளிப்பது முழுமையாக இல்லாமையால் மின் காயப் பாட்டைப் பற்றிய எண் விவரங்கள் அறிக்கையில் ஓரளவு குறைவாகவே உள்ளன. ஆஸ்திரியாவில் ஓரளவு இக்குறைபாடு குறைவாகவே உள்ளது. அங்கு எஸ். ஜெல்லினெக் அறிக்கை அளிப்பதற்கு ஒரு மாதிரி முறையினையும் மின்காயங்களுக்கு விரிவான புலனய்வு முறையினையும் அவற்ருல் இறந்தோரின் பிணச்சோதனை நியதியையும் நிலை நாட்டினர். மின்னல் மற்றும் மின் ஓட்டத்தால் இறந்தவர்களின் பிணப்பரிசோதனையை நியதியாக்கிய ஒரே முதலாளித்துவ நாடு ஆஸ்திரியாவேயாகும். ஆஸ்திரியாவிற்கும் பிற நாடுகளுக்கும் இடையே குறிப்பிட்ட விவர எண்களில் உள்ள வேறுபாடுகள், அங்குள்ள முழுமையான அறிக்கை அளிக்கும் முறைகளின் காரணமாகவே அமைகின்றன. ஆஸ்திரியாவில் மின் பாதுகாப்பு பிரசினைகளில் அதிக முக்கியத்துவம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது என்பதையும் இங்கு சேர்த்துக் கொள்வோமானல் முதலாளித்துவ நாடுகளில் ஏற்படும் மின் காயங்களைப் பற்றி ஆஸ்திரிய நாட்டு விவரங்கள் நன்கு பிரதிபலிக்கின்றன என்று கொள்ளலாம்.

பி. ஓசிப்கா கூறியுள்ளபடி மேற்கு ஜெர்மனியில் *1948* முதல் *1960* க்கிடையில் மின் காயங்களின் எண்ணிக்கை *2.98* மடங்கு அதிகரித்திருக்கிறது. ஆஸ்திரியாவில் *30* சதவிகிதம் அதிகரித்திருக்கிறது. சுவிட்சர்லாந்தில் மட்டுமே இது மாருமல் இருக்கிறது.

ஒரு மில்லியார்டு யூனிட்டுள்ள உபயோகத்தில் ஏற்படும் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும் குறியீட்டை இப்போது எடுப்போம். அமெரிக்க நாட்டில் இது மிகக் குறைவாக உள்ளது. காரணம் மின்-ரசாயன, மின்-உலோக மற்றும் அதிக அளவில் மின்சாரம் பயன்படுத்தும் துறைகளின் எண்ணிக்கை அங்கு மிக அதிகம். மற்ற நாடுகளில் மின் விபத்துக்களை ஆராய்கின்ற பொழுது இந்தக் காரணியையும் கணக்கில் கொள்ள வேண்டும்.

ஒவ்வொரு நாட்டிலும் மின் காயப்பாட்டின் நடப்புக்கள் பயனீட்டாளரது தன்மை, மின் பாதை இணைப்புகளின் அமைப்பின் தன்மை, இயக்கத்திலிருக்கும் மின் அழுத்தம், தட்பவெப்ப நிலை முதலிய இயல்பான காரணங்களால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. உதாரணமாகச் சுவிட்சர்லாந்தில் *1,000* வோ க்குக் குறைவான மின் வழங்கு மூலங்களில் நிகழும் குறிப்பிட்ட விபத்துக்கள் சொல்லும்படி பிற ஐரோப்பிய நாடுகளைவிட அதிகமாகவே உள்ளன (*90%*-*80-83%* க்குப் பதில் *90%*). காரணம் சுவிட்சர்லாந்தில் *1,000* வோல்ட்டிற்கு மேல் அழுத்தம் உள்ள மின் பாதை இணைப்புகள் குறைவு. ஆனல் பத்து லட்சம் குடிகளில் மின் பயனீட்டாளர்களின்

எண்ணிக்கை அதிகம். 1,000 வோல்ட்டுக்குக் குறைவான மின் அழுத்தத்தை உபயோகிக்கும் சாதனங்கள் வழங்கு மூலங்களில் நாட்பட்ட வேலே இயலாமையை விளைக்கும் விபத்துக்களின் உயர்ந்த எண் சுவிட்சர்லாந்திற்கே தனியானது (இந்த நிகழ்ச்சிக்குச் சரியான விளக்கம் இது வரை பெறப்படவில்லை).

வேறு ஐரோப்பிய நாடுகளிலும் மின் விபத்துகள் உயர்கிறது (ஹாலந்து ஓர் உதாரணம்). ஹாலந்தில் மின் விபத்து பிரசினைகள் பற்றிய அறிக்கையின் ஆசிரியரான ஏ. பேட்ஸ் தனது கட்டுரையைச் 'சமுதாயப் பிரசினையாக மின் ஒட்ட அபாயம்' என்று தலைப்பிட்டிருப்பது விளக்கமானதாகும்.

கிடைத்துள்ள விபரங்கள் முதலாளித்துவ நாடுகளில் மின் ஒட்டம் மூலம் ஆண்டொன்றிற்குச் சராசரியாக நிகழும் உயிரிழப்புக்களைத் தோராயமாக மதிப்பிட உதவுகிறது. சி. சைமன் உயிரிழப்புக்கள் ஐரோப்பிய நாடுகளில் பத்து லட்சம் மக்களில் 4 லிருந்து 10 வரை நிகழ்வதாகவும் மின் காயங்களால் ஆண்டொன்றிற்கு நிகழும் சராசரி இறப்பு 5.7 எனவும் கருதுகிறார். ஆசிய, ஆப்பிரிக்க நாடுகளின் மின் சக்தி ஆதாரங்கள் ஐரோப்பிய நாடுகளைவிடக் குறைந்தவை. அதே நேரத்தில் மின் சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவோரின் திறனும் குறைவே. ஆகவே ஆசிய, ஆப்பிரிக்க நாடுகளில் மின் விபத்துகளால் நேரிடும் சராசரி உயிரிழப்புக்கள் பத்து லட்சம் மக்களுக்கு 6.5 என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம். இது ஐரோப்பிய நாடுகளைவிட அதிகம். விளைவாக சோஷலிசம் அல்லாத நாடுகளில் 250 கோடி மக்கள் தொகையில் ஆண்டொன்றிற்கு 15 முதல் 2500 மக்கள் வரை மின் ஒட்டத்தால் உயிர் இழக்கின்றனர் என்று நாம் அறியலாம். ஆகவே முதலாளித்துவ நாடுகளில் மின் காயப்பாடு ஓர் தேசிய பேராபத்து என்று டச்சுப் பத்திரிகையில் மேற்குறிப்பிட்ட கட்டுரை ஆசிரியர் கூறியது பொருளுடையதே.

2-5. சோவியத் நாட்டில் மின் விபத்துகள்

சோவியத் நாட்டின் பொறியியலாளர்கள் எப்போதும் மின் விபத்துகளைத் தவிர்ப்பதில் மனப்பான்மை உள்ளவர்கள். தொழில்நுட்பப் பத்திரிக்கைகளில் மின் விபத்துக்களைக் குறித்துக் அவற்றைத் தவிர்ப்பதற்கான நடவடிக்கைகள் குறித்து வந்துள்ள வெளியீடுகளிலிருந்து இது தெளிவாகிறது. மின் பொறியியலோடு தொடர்புள்ள எல்லாப் பத்திரிகைகளும் (பழைய ஏடான 'மின்சாரம்' உட்பட) முக்கியமான மின் விபத்துகளின் விவரங்களை வெளியிடுகின்றன.

இந்நாட்டில் மின் விபத்துகள் பற்றிய விரிவான அறிக்கை முதலாவதாக என். விக்டார்சிக் என்பவரால் வெளியிடப்பட்டது. வி. கோரோல்கோவா, எம். அவ்ருஷ்செனகோ, என். காவின் மற்றும் பிறரால் அளிக்கப்பட்ட அறிக்கைகளில் அதிகமான புள்ளி விவரத்தடயங்கள் உள்ளன. இந்நூலின் ஆசிரியர்கள் மின் வழங்கு

தொகுதிகளில் நடக்கும் தொழில் மின் காயங்களை ஆராய்ந்தார்கள். முக்கியமாக அமைப்பு மட்டத்தில் பராமரிப்பு மற்றும் பாதுகாப்பு முறைமைகளை மீறுவதாலேயே இக்காயங்கள் நிகழ்கின்றன என்ற முடிவுக்கு வந்தார்கள். இந்த முடிவு கவனிக்கப்படாமலில்லை. மின் நிலையங்கள், துணை மின் நிலையங்கள் ஆகியவற்றின் மின் பேணுதலுக்கான அமைப்பு முறைகள் தீவிரமாக மாற்றப்பட்டன. மேற்கண்ட ஆசிரியர்கள் விபத்துக்கள் பற்றிக் கூறிய முழுமையான வர்ணனைகள் வேலையாட்களுக்கும் பயிற்சியளிக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டன.

50 ஆம் ஆண்டுகளின் முற்பகுதியில் லெனின்கிராடு தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகத்திலும் தனியான பாதுகாப்பு பொறியியல், தொழிலாளர் பாதுகாப்புச் சோதனைச் சாலைகளையும் நிறுவிய பல்வேறு தொழில் கழகங்களிலும் மின் விபத்துகள் ஆராயப்படத் துவங்கின. வி. ஃபிலிப்போவ் என்பாரும் ஜி. கோர்டான் என்பாரும் நிகழ்த்திய ஆராய்ச்சிகள் மிக வெளிப்படுத்துவன; ஏனென்றால் அவை அதிக புள்ளி விவரங்கள் கொண்டன. அதிக அளவு ஆராய்ச்சிகள் மூலம் சேகரிக்கப்பட்ட தடயங்கள், தேசியப் பொருளாதாரத்தில் மிக முக்கியமான (மின் பாதுகாப்பைப் பொருத்தவரை) துறைகள் உள்ளிட்டுச் சோவியத் நாட்டில் மின் பாதுகாப்பின் தன்மையை அளவிடப் போதுமானவை. இந்த விபரங்களைக் கொண்டு சாதனங்களின் பிரிவுகளை ஒட்டியும் ஆட்களின் தொழிலை ஒட்டியும் மின் விபத்துகளின் நிலையை ஆராயலாம்.

சோவியத் நாட்டில் மின் வழங்குதலின் வருடாந்தர உயர்வு 7-8 சதவீதமாகும். மின் உபயோகத்தின் உயர்வைவிட மின் செலுத்தத் தொடர்களின் நீளமும் மின் உபயோகிப்போர்களின் எண்ணிக்கையும் அதிகம் உயர்கின்றன. உண்மையாக, எல்லாத் தொழில், தொழிலல்லா இடங்களுக்கும் எல்லா நகரங்களுக்கும் கிராமப்புறங்களுக்கும் பொதுவாக்கப்பட்ட வழுத்தடங்கள் மூலம் மின் திறன் வழங்கப்படுகின்றது. மின்சார மற்றும் வானொலி சாதனங்களில் தனிப் பயிற்சி பெறுவோரின் எண்ணிக்கை ஒவ்வொரு ஆண்டும் நூறுயிரக்கணக்கில் உயரும்போது மின்னாற்றலை உபயோகிப்போரின் எண்ணிக்கை ஆண்டொன்றிற்குப் பத்து லட்சங்களில் உயர்கிறது. மக்கள் தொகையின் இயல்பான உயர்வும் விரிவான மின்மயமாக்கும் திட்டமும் இவற்றின் காரணங்களாகும்.

இந்த நிலைமைகளில் நூறுகோடி kw/h என்ற மின் அலகுள்ள மின்சாரம் உபயோகிக்கப்படும் பொழுது ஏற்படும் மின் விபத்துகளின் எண்ணிக்கையில் குறைவு ஏற்பட்டிருப்பது ஊக்கமளிப்பதாக இருக்கிறது. வி. ஃபிலிப்போவும் ஜி. கோர்டானும் கூறுகிறபடி இந்தக் குறியீட்டு எண் (மின் பாதுகாப்பின் மிக முக்கிய குறிகாட்டிகளில் ஒன்று) 1951லிருந்து முன்னேற்றம் கண்டிருக்கிறது, இரண்டு மடங்கிற்கு மேல் குறைந்திருக்கிறது. நமது விவரங்களைக் கொண்டு பார்த்தால் குறைவின் அளவு மேலும் பெரியதாகும்.

பெரிய தொழில் பகுதிகள் சிலவற்றில் (மாஸ்கோ, லெனின்கிராடு, லாட்வியா போன்றவை) நூறு கோடி kw/h என்ற அலகுகளுக்கு ஒன்றுக்குக் குறைந்த அபாய மின் காயமே ஏற்படுகிறது. விபத்துத் தவிர்த்தலால் இன்னும் பல முக்கிய தொழிற்சாலைகளில் மிகப் பயனுள்ள விளைவுகள் ஏற்பட்டுள்ளன.

இயந்திரப் பொறியியல் துறை, (கப்பல் கட்டுதல், இயந்திரம் கட்டுதல், மின் பொறிகள் அமைத்தல், கருவிகள் செய்தல், கனரக எந்திரப் பொறியியல் உள்ளிட்டன) மின் வழங்கு அமைப்புகள் மற்றும் வேறு சில தொழிற்சாலைகளில். அபாயப் பகுதிகள் எறத்தாழ முற்றிலுமாக நீக்கப்பட்டுவிட்டன. ஆனாலும் மின் விபத்துக்கள் நிகழ்கின்றன; மிகவும் அரிதாகவும் தற்செயலான விபத்துக்களாகவும் மீண்டும் இவை நிகழாமல் தடுப்பதற்கு விபத்தின் சந்தர்ப்பங்கள் பற்றிக் கவனமான புலனாய்வு தேவையாகும்.

எங்கெங்கு சாதனங்களின் நம்பகத்தன்மை பிரசினைகளுக்குப் போதுமான கவனம் தரப்படுகிறதோ, பராமரிப்பு மற்றும் பாதுகாப்பு விதிகள் கண்டிப்பாகப் பின்பற்றப்பட்டு, முறையான பராமரிப்பு செய்யப்படுகிறதோ அங்கெல்லாம் உண்மையாகவே மின் அபாயப் பகுதிகள் மறைகின்றன. மேலே குறிப்பிட்ட பாதுகாப்பான தொழில்களில் வேறுபட்ட அழுத்தங்களில் இயங்கும் சாதனங்களைச் சரியாகப் பராமரித்தல் மற்றும் புதிதாகப் புகுத்திய சாதனங்களின் நிலைகள் ஆகியவற்றின் மீது அதிக கவனம் செலுத்தப் படுகிறது. வேறுவிதமாகச் சொன்னால் நம்பகத்தன்மையையும் பாதுகாப்பையும் உறுதிப்படுத்த எல்லா முயற்சிகளும் மேற்கொள்ளும் தொழில்கள் இவை.

ஆனாலும் கட்டுமான, நிர்மாணப் பணிகள் விரிவாகவும் அடிப் படை உற்பத்தி முறைகள் முற்றிலும் வளர்ச்சியடையாமலும் உள்ள புதிய தொழில் பகுதிகள் சிலவற்றில் மின் விபத்துக்கள் நிகழ்வது அதிகமாகவே இருக்கிறது. சில தொழில் நடவடிக்கைப் பிரிவுகளில் மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை இன்னும் அதிகம். இவை கட்டுமான மற்றும் சுரங்கப் பணிகளிலாகும்.

வெளிப்புறங்களிலும் நிலத்துக்கடியிலும் (சூழலில் உள்ள குறைந்த அளவு பிராண வாயுவின் காரணமாக) மின் சாதனங்களை உபயோகப் படுத்துவதில் உள்ள சிரமங்கள் இவற்றின் காரணம். தாதுப் பொருட் களைத் தோண்டும் தொழிலில் நிகழும் மின் விபத்துக்களின் ஆய்வு அங்கு விபத்துக்கள் நிகழ்வது, அசாதரணமாக அதிக அளவு விபத்துக்கள் நிகழும் கட்டுமானத் தொழிலுக்கு அடுத்தபடியாக இருக்கிறது என்று காட்டுகிறது. கொஞ்ச காலமாக எடுத்த நட வடிக்கைகள் சுரங்கத் தொழிலில் குறிப்பிட்ட அளவு மின் காயங்களைக் குறைக்க உதவின. தற்போதைய நாட்களில் சந்தேகமளிக்கக் கூடியதாக இல்லை. நிலத்தடியில் எடுக்கப்பட்ட ஒரு முக்கியமான நடவடிக்கை மின்னியங்கு சுரங்கத் தொடர் வண்டிகளின் தொடு கம்பி மின்

வழங்கு அமைப்புகளின் திருத்திய கட்டமைப்பே ஆகும். 2 லிருந்து 2.5 மீட்டர் உயரத்திலே உள்ள சரி தொடர் வண்டி மின் கம்பிகளைத் தொடுவது (இது நேரடியாகவோ, கருவிகள், உருளைகள் மூலமாகவோ) அடிக்கடி உயிரிழப்புக்களை ஏற்படுத்தியது. அந்த நேரத்தில் தொடர் வண்டியிருக்கும் இடத்துக்கு மட்டும் தானியங்கி மூலம் மின் அழுத்தம் வழங்கும் முறை செயல்படுத் தப்பட்டது. இது மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கையை வெகுவாகக் குறைத்தது. மின்னேட்டப் பாதைக் கட்டுப்பாட்டிற்கான (பி. ஓய். கே. சி. — 2 எம் டைப்) காப்பு கருவி பரவலாக உபயோகப்படுத்தப்பட வேண்டும்.

மேலே குறிப்பிட்ட தொழில்களோடு, மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை, சோவியத் நாடு முழுமைக்குமான குறியீட்டைத் தாண்டுவதோடு ஆண்டுதோறும் அதிகரிக்கும் தொழில்களும் உள்ளன. விவசாயம் இவற்றில் முக்கியமானது. 1960-1962ல் கிராமப்புறங்கள் நாட்டில் நடக்கும் மின் விபத்துக்களில் 9-10 சதவீதம் வரை எடுத்துக்கொண்டன. 1975-80ல் இந்த எண் (ஃபிலிப்போவ் மற்றும் கோர்டானின் கூற்றுப்படி) 28 சதவிகிதத் திற்கு உயர்ந்தது. எல்லா மின் விபத்துக்களிலும் மூன்றில் ஒரு பங்கு கிராமப்புறங்களிலேயே நிகழ்கிறது. ஆனால் நாட்டில் உற்பத்தியாகும் மின்சாரத்தில் 5-6 சதவிகிதம்தான் கிராமப்புற மின் சாதனங்களில் பயன்படுகிறது.

முதலாளித்துவ நாடுகளில் கிராமப்புறங்களில் நடக்கும் மின் விபத்துக்களும் அதிக எண்ணிக்கையிலேயே உள்ளன. ஆஸ்திரியா வில் கூட விவசாயப் பகுதிகளில் நடக்கும் உயிர்க்கொல்லி விபத் துக்கள் மொத்த அபாயமான காயங்களில் 50 சதவிகிதம் ஆகும். அமெரிக்கா மற்றும் வேறு நாடுகளின் கிராமப்பகுதிகளிலும் மின் விபத்துக்கள் அதிகமாக நிகழ்வது குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கிலாந்து நாட்டில் விவசாயத் துறையில் நிகழும் மின் விபத்துக்கள் தனிப் பகுதியாக வகுக்கப்பட்டுள்ளன.

மருத்துவமனைகளிலும் சிறு மருந்தகங்களிலும் உள்ள மின்சார மருத்துவ சாதனங்களில் (எக்ஸ்-கதிர் சாதனம், மின் குணமாக்கும் சாதனங்களில் பழுதுபார்க்கும்போது) மற்றும் விளம்பர முகவர்கள் அலுவலகங்களில் (ஒளிக்காட்சிகளை அமைக்கும்போது) உயிருக்கு ஊறு விளைவிக்கும் விபத்துக்கள் நேர்ந்துள்ளன. இருந்தும் கூட 1,000 வோ விற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் சாதனங்கள் முற்றிலும் பாதுகாப்போடு பயன்படுத்தப்படலாம். மின் தொகுதி தகவல் பாதைகளைச் செப்பனிடுதலில் காணும் அனுபவ ரீதியாக இவ்வாறு கூறலாம். சோவியத் ஒன்றியத்தில் 1,000 வோ விற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் அளவு மின் அமைப்புத் தகவல் சாதனங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மேலும் இச்சாதனங்கள் வெளிப் புறங்களிலும் பொருத்தமற்ற இடங்களிலும் நிறுவப்

படுகின்றன. ஆன போதிலும் பல்லாண்டுகளாக இந்தச் சாதனகளில் எவ்வித உயிரிழப்புக்களும் குறிக்கப்படவில்லை.

வீடுகளில் (அதிகமாக பழைய வீடுகளில்) நிகழும் மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்து வருகின்றன.

தேசியப் பொருளாதாரத்தின் தனிப் பிரிவுகளையொட்டி மின் விபத்துக்களைப் பிரித்தல், தற்காலிக மின் வழங்கு மூலங்களும், 1000 வோவிற்குக் கீழுள்ள மேல்நிலை மின்தொடர்களும் எங்கு அதிகமாக இருக்கின்றனவோ அங்கே மின் விபத்துக்களும் அதிகமாக உள்ளன என்று காட்டுகிறது. தாதுப்பொருட்களை அகழ்ந்தெடுக்கும் தொழிலகங்களிலும் கட்டுமானப் பகுதிகளிலும் குறிப்பிட்ட தேவைகளுக்கேற்பத் தனிப்பட்ட மின் சாதனங்களும் மின் வழங்கு மூலங்களும் இல்லாமையால் இதே நிலைதான்.

பெரிய நகரங்களில் நிகழும் மின் விபத்துக்களை ஒப்பிடுவதும் குறிப்பிடத்தக்க முடிவுகளைக் கொடுக்கிறது. ஃப்ரூன்சே (கிர்கிஸ்) நகரத்தில் மற்றக் குடியரசுகளின் தலைநகர்களைப் போலல்லாது, அதிகமாக மேல்நிலை மின் தொடர்கள் இருப்பதால் விபத்துக்கள் மிக அதிகமாக நிகழ்கிறது. ஃப்ரூன்சேவிலும் பொதுவாகக் கிர்கிஸ் குடியரசிலும் மின் விபத்துக்கள் அதிகமாக நிகழ்வது தட்பவெப்பக் காரணங்களால் (மலைப்பகுதி) என்றும் இங்கே சுட்டிக்காட்டப்படுகிறது.

நமது பார்வையிலிருந்து விவசாயம், பொது உபயோக அமைப்புக்கள், கட்டுமானம், வீட்டுப்பகுதி, குறைந்த அளவு மின்சாரம் பயன்படுத்தும் பகுதிகளை நீக்கிவிட்டு முதலாளித்துவ நாடுகளில் இல்லாத தற்காலிக மின் வழங்கும் மூலங்களையும் மேல்நிலை மின் செலுத்தத் தொடர்களையும் விட்டுவிட்டு முக்கியத் தொழில்களில் நேரிடும் மின் விபத்துக்களை ஆய்கின்றபோது பத்து லட்சம் யூனிட்டுகள் உபயோகத்திற்கு 1,000 தொழிலாளர்களுக்கு நேரிடும் மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை முதலாளித்துவ நாடுகளைவிடச் சோவியத் நாட்டில் குறைவு என்று ஒப்புக் கொள்ளக்கூடிய குறிப்பீடுகளைக் காணலாம். காயப்பாட்டைத் தவிர்க்கும் துறையில் சோஷலிச பாணி நிர்வாகத்தின் அதிக ஆற்றலை இது தெளிவாக்குகிறது.

மூன்ரும் அத்தியாயம்

மின் விபத்துக்கள் பற்றிய புள்ளிவரை ஆராய்ச்சி

3-1. மின் காயங்களை இயக்கநிலை மின் அழுத்தம், மின் ஓட்டங்கள் கொண்டு ஆராய்தல்

மின்காயங்களை முக்கியமாக விளைவிக்கக் கூடிய மின் அழுத்தத்தின் மதிப்பு யாது? பாதுகாப்பு மனப்பான்மை கொண்ட நபர்களால் இந்தக் கேள்வி அடிக்கடி எழுப்பப்பட்டுள்ளது. சேர்க்கப்பட்டுள்ள மிகுதியான புள்ளி விவரங்கள் விரிவான பதிலைக் கொடுக்க உதவுகின்றன.

முதலாவதாக மின் சாதன நிறுவனங்களின் எண்ணிக்கையை 1,000 வோ மேல் இயங்குவன, கீழ் இயங்குவன என்று வகைபாடு செய்வோம். சந்தேகமின்றி 1,000 வோ மேலுள்ள அழுத்தங்களைக் கையாளும் சாதன நிறுவனங்கள் எண்ணிக்கையில் குறைவு. உயர்த்து மின் மாற்றி, மின் வழங்கு பொறிகள், உயர் அழுத்த மின்ஞேடிகள், கொண்மிகள் ஆகியவற்றை 1,000 வோ மேலுள்ள சாதன நிறுவனங்களோடு சேர்த்து, பின் மின் வழங்கு இணைப்புகளின் பிரிவுகள் துவக்கக் கட்டுப்பாட்டுச் சாதனங்களோடு சேர்த்த மின் ஓட்டுப் பொறிகள், பிற மின்சார பயனீட்டுக் கருவிகள் ஆகியவற்றை 1,000 வோ கீழுள்ளவற்ரேடு சேர்த்தால் தோராயமாக 1 க்குப் பத்தாயிரம் எனும் விகிதம் வரும் புள்ளி விவரங்களுக்குத் திரும்புவோம். 1964ம் ஆண்டு உட்பட நமக்குள்ள தடயங்களின்படி 1,000 வோ கீழுள்ள நிறுவனங்களில் 76.4 சதவீதம் உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்களும் 1,000 வோ மேலுள்ள நிறுவனங்களில் 23.6 சதவீதமும் நிகழ்ந்தன.

உயிரிழப்புக்களின் எண்ணிக்கை வேலை செய்யும்போதே மின் அதிர்ச்சியால் உயிரிழந்தவரையும் உடலின் மூலம் மின்சாரம் பாய்ந்ததால் ஏற்பட்ட எரிபுண்கள் காரணமாகப் பின்னர் இறந்த வரையும் குறிப்பிடுகிறது. ஆனுலும் 1,000 வோ குறைவான நிறுவனங்களில் ஏற்பட்ட விபத்துக்களால் உண்டான எரிபுண்களால் இறந்தவர்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருக்கும்போது 1,000 வோ மேல் கையாளும் நிறுவனங்களில் ஏற்படும் உயிரிழப்புகள் 60 முதல் 70 சதவீதம் வரை ஆயின.

இந்த எண்ணிக்கையிலிருந்து எரிபுண் உயிரிழப்புகளை நீக்கிவிட்டால், மின் ஓட்டத்தின் நேரடி நடவடிக்கையால் ஏறபட்ட இறப்புக்களைமட்டும் கருதினுல் 1,000 வோ கீழுள்ள நிறுவனங்களில்

இறந்தவர்களில் எண்ணிக்கை 82.8 சதவீதம் ஆகிறது. (65 வோ அதற்குக் கீழுள்ள நிறுவனங்களில் 1.4 சதவீதம் உட்பட), 1,000 வோ மேலுள்ள நிறுவனங்களில் உயிரிழப்புக்கள் 17.2 சதவீதமே வருகிறது. நேர் மின் சாதனங்களிலும் வானொலி நிலையங்கள் சோதனைச்சாலைகள் (7 நிகழ்ச்சிகள்) உயர் அலை வெண் நிறுவனங்களில் தொழில் அலைவெண் மின்னோட்டப் பகுதிகளை நேரடியாகத் தீண்டுவதால் ஏற்பட்டவை (2 நிகழ்ச்சிகள்) இவற்றில் அடங்கும்.

பி. ஒசிப்கா 1949-ல் 1,000 வோ கீழுள்ள மின் அழுத்தத்தால் ஏற்பட்ட மின் காயங்கள் மேற்கு ஜெர்மனியில் 78.5 சதவீதம், ஸ்விட்சர்லாந்தில் 77.8 சதவீதம், ஆஸ்திரியாவில் 67.2 சதவீதம் என்று அறிவிக்கிறார். 1960 ஆம் ஆண்டு இவை முறையே 84.2, 84.1, 75.1 சதவீதம்.

வி. ஃபிலிப்போவும் ஜி. கோர்டானும் சோவியத் நாட்டைப் பற்றிக் கீழ்க்காணும் விவரங்களை அளிக்கிறார்கள். 1951-52ல் 1,000 வோ கீழுள்ள நிறுவனங்களில் இறந்தோரின் எண்ணிக்கை 76.4 சதவீதம், 1964-66-ல் 66.7 சதவீதமாம். இந்த நிறுவனங்களில் ஏற்பட்ட விபத்துக்களின் சதவிகிதத்தின் குறைவு தற்காலிக நிகழ்ச்சியே. விவசாயத் துறையிலும் பொதுப்பயன் திட்டங்களிலும் 1,000 மேலுள்ள நிறுவனங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்ததின் விளைவாகும். இந்த நிறுவனங்கள் நாட்டின் உயர் அழுத்த மின்திறன் அமைப்புடன் நேரடியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. வேறெங்கும் இத்தகைய நிறுவனங்களைப் பராமரிப்போரைவிடக் குறைந்த தகுதியுடையோரால் பராமரிக்கப்பட்டன.

தாழ்-அழுத்த விபத்துக்கள் : 1,000 வோ கீழுள்ள நிறுவனங்களைக் கருதுகின்றபோது 65, 36 மற்றும் 12 வோல்ட்டுள்ள கருவிகளைப் பிரித்தறிவது மிக்க முக்கியமானது. இவை எவ்வளவு தாழ்வான மின் அழுத்தங்களாக இருந்தாலும் உயிர்கொல்லும் காயங்களை விளைவிக்கின்றன. நமக்குக் கிடைத்துள்ள விவரங்களின் படி ஆண்டொன்றிற்கு 65 வோ மற்றும் அதற்குக் கீழுள்ள நிறுவனங்களில் நடக்கும் விபத்துக்கள் மூலம் 26 முதல் 28 பேர் வரை உயிரிழக்கின்றனர். வி. ஃபிலிப்போவும் ஜி. கோர்டானும் மின் பற்றவைப்பு (வெல்டிங்) மின் அழுத்தத்தால் பாதிக்கப்பட்டு ஆண்டொன்றிற்கு 40 பேர்கள் இறப்பதாக அறிவிக்கின்றனர் (90 வோ மற்றும் கீழுள்ள அழுத்தங்கள் குறிப்பிடப்படுகின்றன). அவற்றில் 1975-80-ல் மின் பற்றவைப்பு சாதனங்களைப் பயன்படுத்

தும்போது 85 பேர் இறந்தனர். அவற்றில் 52 பற்றவைப்பு அழுத்தத்தின் (65-90 வோ) நேரடி விளைவாகும். மீதம் 33 பேர் இயக்க அழுத்தத்தால் (127-380 வோ) காயமடைந்து இறந்தனர்.

வெளியிடப்பட்டுள்ள விவரங்களிலிருந்து அமெரிக்க நாட்டில் அதிக எண்ணிக்கையாலான விபத்துக்கள் 42 வோ அழுத்தத்திலும் 60 ஹர்ட்ஸ் தொழில் அலைவெண்ணிலும் நேர்ந்தன என்று காணப்படுகிறது.

மனிதன் மேல் மின் அதிர்ச்சியின் விளைவு நுட்பங்கள் பற்றிய நமது கருத்துக்களைத் தாழ் அழுத்தங்களில் ஏற்படும் உயிரிழப்பு விபத்துக்கள் பாதிப்பதால் ஆசிரியர் சட்டத்திறனிலிருந்து பொருத்தமான ஆவணங்களுக்கு முக்கிய கவனம் செலுத்தி முழுமையான புலனாய்வு செய்தார். மேற்படி நிறுவனங்களில் விபத்து நிகழும்போது சாதாரணமாக உயர் அழுத்தத்தால் காயம் நேரிடுவதாகச் சந்தேகிக்கப்படுகிறது. அது 220 வோ அல்லது 380 வோ சுருணைகளில் (வைண்டிங்) மின் காப்புப் பொருளில் உள்ள பழுதாலும் 65, 35 அல்லது 12 வோ சுருணைகள் பொறி பறப்பாலும் உயர் அழுத்த மின் செல்லும் பகுதிகளைத் தீண்டலாலும் கூடுதலான அழுத்தத்தாலும் நேரிடலாம். இந்தச் சந்தேகங்களுக்கு நல்ல காரணங்கள் உண்டு. இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் நடக்கின்றன. சம்மந்தப்பட்ட சட்டங்களிலே எப்போதாவது குறிப்பிடப்படுகின் றன. புலனாய்வு அறிக்கைகளிலும் விபத்து விவரங்களிலும் சோதனை அறிக்கைகளிலும் காணக்கிடக்கின்றன. நமது சொந்தக் கணிப்பின் படி 65, 36 மற்றும் 12 வோ அழுத்தமுள்ள அமைப்புகளில் (கருவிகளில்) வேலை செய்வோருக்கு ஏற்படும் மின் விபத்துக்களில் 30 சதவீதம் அந்த மின் சுற்று வழிகள் தற்செயலாக 220 அல்லது 380 வோ இணைக்கப்படுவதால்தான் ஏற்படுகின்றன.

மேலே குறிப்பிட்ட தன்னியில் தாழ் தமின் அழுத்தத்தால் ஏற்படும் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை மிகவும் அதிகம் என ஒப்புக்கொள்ள லாம். இந்த விபத்து அறிக்கைகளின் சாதாரண கணக்கீடுகளிலிருந்து அது தெளிவாகிறது. இந்த அறிக்கைகளில் பத்தி 2-3ல் குறிப்பிட் டுள்ளபடி காயமாக்கிய மின் அழுத்தம் என்று அமைப்புக்களின் மின் அழுத்தத்தையோ, மின் சுற்றுவழிகளின் மின் அழுத்தத்தையோ குறிப்பிடுகிறார்கள். ஆனால் மனித உடலின் மூலம் பாயும் மின் சுற்றுவழி, காலணி, உடை, தரை ஆகியவற்றின் தடையினையும் கடக்க வேண்டியிருப்பதால் அது உண்மையான காயமாக்கும் மின் அழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

காயப்படுத்திய மின் அழுத்தத்திற்கும் மூல அல்லது அமைப்பின் மின் அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு யாது? ஆசிரியர் கருவி ஆய்வு முறைகளைப் பயன்படுத்தி இதனைத் தோராயமாக மதிப்பிட்டுள்ளார்.

தாழ் அழுத்த மின் விபத்துக்கள் தொழில் மூலம் ஆயப்பெற்றுச் சதவீதமாகக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

தொழில்	விபத்து சதவீதம்
மின்பணியாளர்	12.5
மின்பற்றவைப்பாளர்	34.0
வேறு தகுதியுள்ளோர்	12.1
துணையாட்கள்	22.4
பயிற்சியாளர்கள்	8.5
தொழில் வல்லுநர், பிறர்	10.5
மொத்தம்	100.0

அதிக விரிவான ஆராய்ச்சியின் மூலம் தாழ் அழுத்தத்தால் அடிக்கடி பாதிக்கப்படுவோர் மின் பற்றவைப்பாளர்கள் மட்டுமல்ல சுரங்கத் தொழிலாளரும் பழுதுபார்ப்போரும் கூட என அறியலாம். விபத்தறிக்கைகளைப் படிப்பதனால் இந்த விபத்துக்கள் ஈரமான காற்றோட்டமில்லாத, பிராண வாயு குறைந்து, கரியமில வாயு மிகுந்து இருக்கும் சூழ்நிலைகளில் பொதுவாக நிகழ்வது தெளிவாகிறது. 60 சதவிகிதத்திற்கு மேல் உயிரிழப்புக்கள் பிராண வாயு குறைந்த மூடிடங்களில் பாதிக்கப்படும்போது நிகழ்ந்துள்ளன. சில நிகழ்ச்சி களில் அந்தப் பாதிப்பு கார்பன்மானுக்சைடு சில சதவீதங்கள் உயர்ந்து

(சம்யங்களில் 9.5 சதவீதம் வரை அடைந்ததாலும்) அல்லது சில நேரங்களில் இயற்கையான தீ நாற்றமுள்ள வாயுக்களின் சேர்க்கையாலும் ஏற்படுகிறது. மொத்த தொழிலகங்களின் சதவீதத்தில் மின் சாதனங்கள் பயன்படுத்தும் ஓரளவு பிராண வாயு கொண்ட இடங்களின் பின்னத்தைக் கணக்கில் கொண்டால், கீழ்காணும் முடிவை அடையலாம்; காற்றின் தொகுப்பில் பிராண வாயு குறைந்ததால் ஏற்படும் பாதிப்பு மின்னோட்டத்திற்கு மனித உடல் கொடுக்கும் எதிர்ப்பினைக் குறைக்கிறது. இதைத் தவிர ஒத்த நிலைகளில் ஏற்படும் மின் விபத்தின் விளைவு மிகவும் தீவிரமாக இருக்கும்.

உதாரணம் *3-1* எப்போதாவது, அசாதரணமான சந்தர்ப்பங்களிலே மின் விபத்துக்கள் நிகழ்கின்றன. எம். கிரினேவும், எஃப் ஸ்க்வோர்ட்சோவும் திருமதி ஏல். என்பாரோடு ஏற்பட்ட இத்தகைய விபத்து பற்றி விவரிக்கின்றனர். அவரது கணவர் தனது தோட்டத்தின் பாதுகாப்பிற்காக ஒரு சாதாரண மணி ஒலி மின் சுற்றுவழி மூலம் ஒரு அபாய அறிவிப்பு அமைப்பை அமைத்தார். அந்த முறை வீட்டினுள் அமைந்த அபாய ஒலி மணியையும் தோட்டத்தில் அமைந்த வட்ட வடிவ தொடுகை மூடும் கருவியையும் புல்லின் மேலமைந்த மணி ஒலிக்கும் மின் அழுத்தம் கொடுக்கும் மின் தொடுகை கருவியோடு இணைக்கப்பட்ட நூற்கயிறுகளையும் கொண்டது. இந்தத் தொகுதிக்கு அந்த வீட்டில் அமைக்கப்பட்ட 220 / 12 வோ தாழ்த்து மின் மாற்றியின் மூலம் மின்சாரம் வழங்கப்பட்டது. 12 வோ கம்பிகளில் ஒன்று பொது இணைப்பிற்காகத் தோட்டத்தில் சென்று தோட்டத்தின் உரிமையாளர் அத்து மீறி நுழைவோர் நிலத்தில் வந்து ஒரு நூலினை அறுத்தால் விழுகின்ற தொடும் கருவி மின் சுற்றுவழியை மூடி அபாய ஒலியை எழுப்பும் என எண்ணியிருந்தார். ஆனால் நடந்தபடி பார்த்தால் அத்து மீறியோர் யாரும் மின்பாதையை மூடவில்லை.

விபத்திற்கு முன்னர் மழை பெய்தது. பருவ நிலை ஈரமாக இருந்தது. காலை நேரத்தில் கணவர் வேலைக்குச் சென்றிருந்தபோது திருமதி ஏல். தோட்டத்திற்குச் சென்றார். விரைவில் அடுத்த வீட்டுக்காரர்கள் தொடர்ச்சியான மணி ஒலியைக் கேட்டார்கள். சிறிது நேரத்தில் ஒலியின் காரணம் திருமதி ஏல். உயிரற்ற உடலோடு நிலத்தில் படுத்துகொண்டு கழுத்தின் மூலம் வட்டமான தொடு மூடி கருவியைத் தொட்டுக் கொண்டிருந்ததே என்று கண்டார்கள்.

நகராட்சி அலுவலகத்தால் மேற்கொள்ளப்பட்டத் தொழில் நுட்ப சோதனையில் அபாய அறிவிப்பு அமைப்பு முழுவதும், வீட்டில் உள்ள பிற மின்சார இணைப்புகளும் சோதிக்கப்பட்டன. மின் சுற்று வழியின் மின்காப்பும் துறைமின்மாற்றியும் சோதிக்கப்பட்டன. தொழில் நுட்ப சோதனை பாதுகாப்பு விதிகள் ஏதும் மீறப்படவில்லை என்று காட்டியது.

சட்டபூர்வ மருத்துவ சோதனை மின் அதிர்ச்சியால் இறப்பு ஏற்பட்டதைத் தெளிவாக்கியது. கழுத்தின் முன்பகுதி மின்சாரம் பாயும் பகுதியினைத் தீண்டியிருக்கிறது. கழுத்தின் முன்பகுதிகள் நீள வடிவ இரண்டு மின் குறிகளும் எரி புண்ணின் ஆதாரங்களும் தென்பட்டன.

எம். கிரிகுனேவ் மற்றும் எஃப். ஸ்க்வோர்ட்சோவ் ஆகியோரால் உயிரிழப்பின் காரணம் தெளிவாக்கப்பட்டது. மின்சாரம் செல்லும்

பகுதியோடு ஏற்பட்ட தீண்டுதல் மூச்சுக் குழல் பகுதியில் நிகழ்ந்தது. அது மேல் தோலிற்கு மிக அருகில் உணர்ச்சிமிக்கப் பிரதி விளைவு கொடுப்பதாக அமைந்துள்ளது. மூச்சுக் குழலை மின்னோட்டத்தால் தூண்டுதல் மூலம் மின் அதிர்ச்சியின் விளைவினைக் கணிக்கலாம். மூச்சுக் குழலுக்கு மிக அருகே உள்ள வேகஸ் மின்னோட்டத்தால் தூண்டப்பட்டால் இதயத்தின் நடவடிக்கை பாதிக்கப்படுகிறது. உடல் முழுவதும் மின் ஓட்டம் பாய்ந்தாலும் மின்சாரத்தோடு நேரடியாகத் தொடும் பகுதியிலேயே மின் அடர்த்தியும் அதன் விளைவுகளும் அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே மூச்சுக் குழாயும் வேகஸும் தூண்டப் பட்டதனால் அபாயகரமான விபத்து நேரிட்டுள்ளது. உடலின் வேறு பகுதிகளைவிடக் கழுத்துப்பகுதி, குறிப்பாகக் கழுத்தின் பக்கப் பகுதி களிலும் உள்ள தோல் மின்னோட்டத்தைத் தடுப்பது குறைவானதே.

இந்த நிகழ்ச்சியை விளக்கிய ஆசிரியர்கள் 12 வோ கீழான மின் அழுத்தத்தால் நிகழ்ந்து, ரோஸ்டோவ-ஞ-டான் என்ற நகரத்தின் மருத்துவக் கழகத்தின் சட்ட மருத்துவப் பிரிவால் பதிவு செய்யப்பட்ட இரண்டாவது மின் அதிர்ச்சி உயிர்க்கொல்லியாகும் இது என்று குறிப்பிட்டுள்ளனர்.

நிகழ்ச்சி 3-2. மின் பொறியாளர் ஒருவர் வீட்டில் 12 வோ மின் அழுத்தத்தில் நடந்த கீழ்க்காணும் நிகழ்ச்சியும் அசாதாரணமானதே. குளிக்கும் நீரைச் சூடாக்குவதற்காக வீட்டில் செய்த ஒரு வெப்பக் கருவி பயன்படுத்தப் பட்டது. ஐந்து செ.மீ விட்டமுள்ள ஒரு பீங்கான் குழாயின் மேல் 2 மி.மீ விட்டமுள்ள மின் தடைக் கம்பி சுற்றப்பட்டு அந்தக் குழாய் மரச்சட்டத்தின் மேல் பொருத்தப்பட்டது. இந்த அமைப்பு தனியான ஒரு 12 வோ தாழ்த்து மின் மாற்றியுடன் இணைக்கப்பட்டது. சட்டம் குளியல் தொட்டியின் மேல் குழாய் தண்ணீரில் மூழ்கியிருக்கும்படி வைக்கப்பட்டது. தணணீரின் வெப்ப நிலை 36-40° செ அடையும்போது வெப்ப உணர்த்தி (Thermal Relay) இந்த அமைப்பை மின்சாரத்தினின்றும் துண்டிக்கும் குளியல் தொட்டியைப் பயன் படுத்தலாம். விபத்து கீழ்க்காணுமாறு நிகழ்ந்தது. குளிக்கச் சென்றவர் வெப்ப அமைப்பை மின் இணைப்பு செய்தார். உணர்த்தியின் இயக்கத்திற்குக் காத்திராது கையால் தண்ணீரைத் தொட்டுப் பார்த்தார். தண்ணீரில் வலது கையை நுழைத்தவர் தொட்டியை இடது கையால் தொட்டார். நிபுணர்கள் உதவி உடனடியாகக் கொடுக்கப்பட்டும் அவரை உயிர்ப்பிக்கச் செய்த முயற்சிகள் வீணாகின.

இந்த நிகழ்ச்சி குறிப்பிட்ட ஈடுபாட்டைக் கொடுக்கிறது. கையால் தொடப்பட்ட தண்ணிருக்கும் தொட்டிக்கும் இடையே இருந்த மின் அழுத்தம் 4-5 வோதான் என்று அளவீடுகள் காட்டுகின்றன. எம். கிரிகுஞேவும் எஃப். ஸ்க்வோர்சோவும் குறிப்பிட்ட முந்தைய நிகழ்ச்சியைப் பொருத்தவரையில் இது உண்மைதான். காயப்படுத்திய அழுத்தம் 12 வோல்ட்டிற்குக் கீழேயே இருந்தது. ஆசிரியர்கள் அவர்களது அறிக்கையில் மின் மூலத்தின் அழுத்தமான 12 வோஐக் குறிப்பிட்டார்கள். மனித உடலோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள தடைகளின்

பால் உண்டாகும் அழுத்தக் குறைவைக் கணக்கிலெடுத்தால் காய மாக்கும் மின் அழுத்தம் மூலத்தின் அழுத்தத்தைவிடக் குறைவு என்பது தெளிவாகும். தாழ்ந்த அழுத்தங்களைப் பொருத்தவரையில் மூலங்களின் மின் அழுத்தத்திற்கும் காயமாக்கும் மின் அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு அதிகமாகத் தோன்றுகிறது. பாதுகாப் பான மின் அழுத்தங்கள் பற்றி டி. ஜில்பெர்ட் வெளியிட்ட அறிக்கையில் தாழ்ந்த அழுத்தங்களால் காயமேற்படுவதை அவர் குறிப்பிடாமலில்லை என்பது இங்கு நினைவு கூறத்தக்கது. 12 மற்றும் 24 வோல்ட்டில் மாற்று மின்னோட்ட மூலங்களில் நிகழ்ந்த விபத் துக்கள் பற்றி அயல்நாட்டுப் பத்திரிக்கைகளில் விவாதிக்கப்பட் டுள்ளது.

12 வோ மின் அழுத்தத்தில் தொழில் அலைவெண்களில் நிகழ்ந்த உயிரிழப்புக் காயங்களின் தனிப்பட்ட நிகழ்ச்சிகள் வெளிக் கொணரப்பட்டுள்ளன. 36 மற்றும் 65 வோ அமைப்புகளில் நிகழும் உயிரிழப்புகளைப் பொருத்தவரையில் அவை மேலும் சாதாரணமாக நிகழ்வன ஆகும்.

பாதுகாப்பானதாகப் பொதுவாகக் கருதப்படும் தாழ்ந்த அழுத் தங்களில் நிகழும் ஆபத்தான விளைவுகள் பற்றி விளக்குகையில் பல ஆசிரியர்கள் இறந்தோர் ஆளான ஏதாவதொரு நோய்பற்றிக் குறிப்பிடுகிறார்கள். ஆனால் உயிரிழப்பு நிகழ்ந்ததின் காரணத்தை நிர்ணயிப்பதில் இந்தக் காரணியின் முக்கியத்துவம் மிகைப்படுத்தப் படுகிறது. ஏனென்றால் இந்த நூலாசிரியர் ஆராய்ந்த 86 சதவீதம் மருத்துவ சோதனை அறிக்கைகளில் விபத்துக்களுக்கு முன்னர் பாதிக்கப் பட்டோரின் உடல்நிலை வலுவாகவும் நலமாகவும் இருந்தது. 65 வோ மற்றும் அதற்குக் கீழான மின் அழுத்த அமைப்புகளில் காயமடைந்தோரின் வயது வகைபாடுகளும் இதற்கு ஒப்புமை தருகின்றன. இவர்களில் 22 சதவீதம் 21 வயதிற்குக் கீழ்பட்டவர், 65.5 சதவீதம் 21-30 வயதிற்குள்ளானவர், 12.5 சதவீதமே 30 வயதிற்கு மேற்பட்டவர். ஆகவே 87 சதவீதத்திற்கு மேல் பாதிக்கப்பட் டவர்கள் இளமையானவர்கள் பக்குவமான உடற்பருவமுடையவர்கள்.

நேர் மின்னோட்டம், மாற்று மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் தீங்குகளை ஒப்பிடல்

தெரிந்தவரையில் 1,000 வோ கீழுள்ள நேர் மின்னோட்ட அழுத்தத்தால் உயிரிழப்புக் காயங்கள் ஏற்பட்டதில்லை. இதுபற்றி லெனின்கிராடு டிராம் பாதை பணித் துறையால் நம்பகமான விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அதற்கு 600 வோ அழுத்தத்தில் விரிவான தொடர் இணைப்புகளும் மாற்று மின்னோட்ட மூலங்களினால் 25 ஹர்ட்ஸ் அலைவெண்ணில் மின் சக்தி வழங்கப்படும். அதிக மாற்று துணைமின் நிலையங்களும் உள்ளன. இந்த விரிவான டிராம்

பணித்துறையின் 50 வருட சரித்திரத்தை நாம் புரட்டினேம். நிறைய மின் விபத்துக்கள் பற்றிக் கண்டோம். அவற்றில் எதுவும் நேர் மின்னேட்டத்தால் உடனடியாக உயிரிழப்பை ஏற்படுத்தவில்லை.

நிகழ்ச்சி 3-3. டிராம் பாதை துணை மின் நிலையம் ஒன்றில் நடந்த நிகழ்ச்சியொன்று குறிப்பிடத்தகுந்தது. முறை நேர மின் பணியாளர், சாதனத்தில் தூசி தட்டிக் கொண்டிருந்தார். தற்செயலாக 600 வோ நேர் மின்னேட்டம் மின் சட்டத்தைத் தொட்டார். மின் சட்டத்திலிருந்து விடுவிக்கும் பொருட்டுக் கையை உதறுவதற்குப் பதிலாக அவர் அதை இறுக்கமாகப் பற்றிக்கொண்டார். அவருடைய உதவியாளர் மின்சாரத்தைத் துண்டிக்கும்வரை அரை நிமிட நேரம் மின் சுற்றுவழியிலேயே அவர் இருந்தார். அவருக்குக் காயமேதும் ஏற்படவில்லை. அவருக்குப் பேரதிர்ச்சி விளைந்ததாகவும் அதனுல் மின் சட்டத்தோடு உறைந்து போனதாகவும் பின்னர் கூறினர். அவர் உதவிக்குக்கூடக் கத்த முடியாத அளவு அதிர்ச்சி வலுவானதாக இருந்தது.

டிராம் வழி துணைமின் நிலையங்களின் பராமரிப்பில் நெடு நாட்களாக ஈடுபட்டுள்ளவர்கள் கடும் விளைவுகள் ஏற்படுத்தாத ஏன் எரிபுண்கள் கூட விளைவிக்காத மின்காயங்கள் ஏற்பட்டுள்ளதாகக் கூறுகின்றனர். விபத்துக்களின் வர்ணனைகள் அப்படிப்பட்ட எல்லாக் காயங்களும் ஒரே மாதிரியாக ஏற்பட்டன - கையிலிருந்து கை அல்லது கையிலிருந்து கால் என்று காட்டுகின்றன.

எஃப். ஸ்கோல்டின் என்பாரும் நேர் மின்னேட்ட (டி.சி.) அழுத்தத்தின் குறைவான அபாயங்கள் பற்றி இதேபோன்ற முடிவுகளை அடைந்துள்ளார். அவர் கூறினர் : ''விடெப்ஸ்க் என்ற நகரத்தில் நேர் மின்னேட்ட மின்சாரம் பயன்படுத்தப்பட்டபோது மின் காயங்கள் ஏற்பட்டதாகத் தெரியவில்லை. பாதி நகரம் மாற்று மின் னேட்ட (ஏ.சி.) அழுத்தத்திற்கு (380/220 வோ கொண்ட மின் அழுத்த மூலகங்கள்) மாற்றப்பட்டபோது முதலாண்டிலேயே ஆறு உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்கள் நேர்ந்தன. அடுத்த 6 ஆண்டுகளுக்கு இது சராசரி எண்ணுகை அமைந்தது''. எஸ். ப்ரெஸ் என்பாரின் எழுத்துக்களிலிருந்து பேலோரசியாவில் வேறெங்கும் இதுவே உண்மை என்று தெரிகின்றது.

முதலில் நேர் மின்னேட்டம் பிறகு அதே அழுத்தத்தில் மாற்று மின்னேட்ட மின் அழுத்தத்திற்கு மாற்றப்பட்ட ஆஸ்திரிய நகரங் களிலும் இதேபோன்ற கணிப்புக்கள் எஸ். ஜெல்லினெக் என்பாரால் காணப்பட்டுள்ளன. பைலோரஸியா போன்று இந்த மாற்றம் உயிரி ழப்பு விளைக்கும் மின் காயங்களைத் தோற்றுவித்தன. அமெரிக்க ஆசிரியர்களும் மாறு மின்னேட்டத்துடன் ஒப்பிட்டால் நேர் மின் னேட்டம் குறைந்த அபாயமே தரும் என்று கூறுகிருர்கள்.

துரதிருஷ்டவசமாக ஒரே அளவு மின் அழுத்தமுள்ள நேர் மின்னேட்டம் மாற்று மின்னேட்டம் ஆகியவற்றை ஒப்பிடும்போது மாற்று மின்னேட்டத்தில் காயப்படுத்தும் அழுத்தம் பொதுவான அளவைவிட 1.4 பங்கு அதிகம் என்பது குறிப்பிடப்படுவதில்லை.

ஆனுல் இது மிக முக்கியமானது. இந்த விவரம் மாற்று மின்னேட்டம் ஏன் நேர்மின்னேட்டத்தைவிட அதிகம் அபாயமானது என்பதற்கு விளக்கம் தரக் கூடும்.

1,000 வோ மேலுள்ள நேர் மின்னேட்ட அழுத்தத்தில் நாங்கள் இரண்டு உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளைக் கண்டோம். ஒன்று பழுது பார்க்கப்பட்ட வானெலி செலுத்தியின் உயர் அழுத்த சாதனத்திற்குத் தவறுதலாக 5 கி.வோ செலுத்தப்பட்டபோது ஏற்பட்டது. செலுத்தியை மெருகு செய்து கொண்டிருந்த ஒரு வல்லுநர் உடனடியாக மின்சாரம் பாய்ந்து கொல்லப்பட்டார். இரண்டாம் நிகழ்ச்சி மின் வெற்றிட உற்பத்தி சாலையின், வெற்றிட அழுத்து நிலையத்தில் நேர்ந்தது. பாதுகாப்பு விதிகளைப் புறக்கணித்த ஒரு மின் பணியாளர் வேலியைக் கடந்து ஒரு உயர் அழுத்தக் கம்பியைத் தொட்டார். ஒருமாத காலத்தில் அவர் எரிபுண்களால் இறந்தார்.

தொழிற்சங்க மையங்களின் பொதுக்குழுவின் லெனின்கிராடின் தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகம் தரும் விவரங்களிலிருந்து 110 வோ மேலுள்ள அழுத்த நேர் மின்னேட்டம் 1975-80ல் நேரிட்ட உயிரிழப்புகளில் 5,6 சதவிகிதத்திற்குப் பொறுப்பு என்று தெரிய வருகிறது. முந்தைய ஆண்டுகளில் இருந்ததைக் காட்டிலும் இது மிக அதிகம். உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளில் இத்தகைய உயர்வின் காரணம் நேர் மின்னேட்ட அமைப்புகளின் எண்ணிக்கையின் அதிகரிப்பேயாகும். ஆனுலும் மாறு மின்னேட்டத்தால் விளை வனவற்றைவிட நேர் மின்னேட்ட உயிரிழப்புகள் குறைவேயாகும்.

வேலைகாலம் இழப்புக் காயங்களை விளைவிக்கும் மின் காயங்களில் இந்தத் தோற்றம் முற்றிலும் மாறுபடுகிறது. ஆராயப்பட்ட நான்கு உற்பத்தி நிலையங்களில் வேலைகாலம் இழப்புக் காயங்களையும் மின் அதிர்ச்சிகளையும் விளைவித்த விபத்துக்களில் 13 சதவீதம் நேர் மின்னேட்ட அமைப்புக்களில் நேர்ந்தவை. ஆனுல் இத்தகைய அமைப்புக்களின் எண்ணிக்கை சாலைகளில் உள்ள எல்லா அமைப் புக்களின் எண்ணிக்கையில் பத்தில் ஒரு பங்காகும். நேர் மின் னேட்டத்தில் ஏற்படும் அதிக சதவீத மின் அதிர்ச்சிகளுக்கும் இலேசான காயங்களுக்கும் ஒருபுறம் கவனக் குறைவான பரா மரிப்பும் மறுபுறம் நேர் மின்னேட்ட பொறிகள் விளைக்கும் எரி புண்கள் மாறு மின்னேட்டத்தின் எரிபுண்களைவிட ஆபத்தானவை என்பதும் காரணங்களாம்.

நேர் மின்னேட்ட, மாறு மின்னேட்ட அபாயங்களின் ஒப்புமை பற்றி அதிகமான ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் வெளிவந்துள்ளன. அவற்றின் ஆசிரியர்களின் கணிப்புக்கள் நமது கூற்றை மறுப்பனவாக இல்லை. இந்த இரண்டு வகை மின்னேட்டங்களால் விளையும் அபாயங்களின் வேறுபாடுகளுக்குக் காரணம் 7-4ல் விவாதிக்கப்படும்.

3-2. தொழில்களையொட்டி மின் காயங்களை வகைப்படுத்தல்

தொழில்களைப் பொறுத்தவரை நேர் மின்னோட்டம், மாறு மின்னோட்ட அழுத்தங்களில் ஏற்படும் விபத்துக்களின் சதவீதம் கீழ்வருமாறு:

தொழில்	காயங்களின் சதவீதம்	
(1) மின்னியலாளர் :	41.2	
மின் பணியாளர், வானொலிப் பணியாளர்		33.0
மின் பற்று வைப்பாளர்கள்		2.3
ஓந்தி (crane) இயக்குவோர்		1.3
மின்சார, வானொலி சாதனங்கள் பராமரிப்போர்		2.4
மின்சாரக் கப்பல்கள், வண்டிகள் இயக்குவோர்		0.7
மின்சார, வானொலி பொறியாளர்கள்		2.5
(2) மின்னியலாளர் அல்லாதவர் :	58.8	
குளிர் உலோகப் பணிப்பொறிப் பணியாளர்கள்		
பொறிகளையும் உலோக அமைப்புக்களையும் பூட்டும் பணியாளர்கள் (பொருத்துநர், எழுப்புநர், கடையுநர் ஆகியோர்)		11.2
கட்டுமானப் பணியாளர்கள் (தோண்டுவோர், பூசுவோர், தச்சர், கட்டடம் எழுப்புவோர், பொருத்துநர் ஆகியோர்)		15.4
பல்வகைப் பணியாளர்கள் (துளையிடுவோர், தோண்டுவோர், விவசாயப் பணியாளர், மின்னோடி இயக்குநர், எரிதல் பணியாளர், சாம்பல் பணியாளர், உணவுப்பொருள், நுகர்பொருள் தொழில் பணியாளர், விவசாய வல்லுநர், கூட்டுப்பண்ணை விவசாயிகள் ஆகியோர்)		20.2
சுமையேற்றுவோர், துணையாட்கள்		5.6
பொறியியலாளர், இளம் பராமரிப்பாளர், அலுவலக ஊழியர்		6.4
மொத்தம்	100	

முன்னர் கிடைத்த விவரங்களோடு இந்த விவரங்களை ஒப்பு நோக்கினுல் பொறியியலாளர்களில் சிறப்பாக விஞ்ஞான-ஆராய்ச்சி சாலைகளிலும் கல்லூரிகளின் ஆராய்ச்சி சாலைகளிலும் பணியாற்றுவோரிடை காயப்பாடுகள் அதிகரித்திருப்பதைக் காணலாம். மின்னியலாளர் அல்லாதவர்களுக்கு ஏற்படும் விபத்துக்களும் அதிகரித்

திருக்கின்றன. இதே போக்கு தொழிலாளர் பாதுகாப்பிற்கான லெனின் கிராடு கழகத்தாலும் வேறு நாட்டு ஆசிரியர்களாலும் காணப்பட்டுள் ளது.

மேற்படி தொழில் மூலம் செய்த வகைபாடுகளின் விளைவு பின்வருமாறு. மின் அதிர்ச்சியால் அதிக எண்ணிக்கையில் பாதிக்கப் படுவோர் மின்பற்று வைப்பாளர்கள், பொருள் தூக்கி இயக்குவோர் (கோபுர தூக்கிகள்), தோண்டுவோர், பூசுவோர், தச்சர் போன்ற கட்டுமான, கோத்திணைப்புப் பணிகளில் ஈடுபட்டுள்ளோரே ஆவர். தேசியப் பொருளாதாரத்தின் பல பகுதிகளில் விபத்துக்களைப் பிரித்து ஆய்ந்த முடிவுகளோடு இந்த முடிவு பொருந்துகிறது: தற்காலிக மின் வழங்கு தொடர்கள் பயன்படுத்தும் இடங்களிலே அதிக அளவு விபத்துக்கள் நிகழ்கின்றன. தற்காலிக சாதனங்களைப் பயன் படுத்துவதில் கட்டுமானப் பணி நிலையங்கள் பெயர் பெற்றவை.

தற்காலிக மின் வழங்கு மூலங்களிலோ, வெப்பமற்ற இடங்களில் பயன்படும் அமைப்புக்களிலோ மற்றும் திறந்த வெளியிலோ கெடு தலான நிலைகளிலோ உள்ள சாதனங்களில் நிகழும் மின் உயிரிழப்புக் களின் அடிப்படைக் காரணம் கட்டுமான மற்றும் கோத்திணைப்பு பணிகளுக்குப் பொருத்தமான தற்காலிக மின் வழங்கு மூலங்களுக் காகவே தயாரிக்கப்படும் விசேடமான மூடு கம்பிகள், கம்பிகள் பொருட்களும் கருவிகளும் அரிதாகக் கிடைப்பதேயாகும். சாதாரண மாகப் பயன்படுத்தப்படும் மூடு கம்பிகளும் உலோகப் பொருட்களும் நிலையான இடங்களில் இருப்பதைவிட இடமாற்றம் செய்யப்படும் போது தங்களது மின் காப்பு தன்மைகளை இழந்து விடுகின்றன. மின் சாதனங்களும் அவ்வாறே. தற்காலிக மின் வழங்கு மூலங்களில் மின் காப்பு பொருட்களுக்கு ஏற்படும் மெகானிகல் (உரசல் மிதித்தல் போன்றன) சேதம் அதிகமாகும். இது சாதனங்களில் பழுதுகளுக்கும் விபத்துக்களுக்கும் காரணமாகிறது. போதுமான பொறிகள் கையா ளும் கட்டுமானப் பணியகங்கள் கூடப் பாதுகாப்பற்ற மின் பற்று வைப்பு சாதனங்களையும் தூக்கு பொறிகளையும் பயன்படுத்துகின்றன. வெளியில் பயன்படுத்துவதற்குத் தகுதியற்ற சாதாரண கம்பிகள் ஈரமான மரப் பலகைகள் மேல் வைக்கப்படுவதோ, நிலத்திலேயே விடப்படுவதோ பொதுவாக நடப்பது. உலோகங்களை வெட்டும் இயந்திரங்களுக்காக உருவாக்கப்பட்ட சுழலிக்ள் (மோட்டார்கள்) இறைப்பான்களுக்காகவும் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படும். இறைக்கப் பட்ட தண்ணீருக்கும் நிலத்துக்குமிடையே மின் அழுத்தம் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. 'கட்டுமானப் பணி மற்றும் கோத்தி ணைப்புப் பணியில் ஈடுபட்டுள்ளோரை மட்டும் இதற்காகக் குற்றம் சாட்டுவது தவறாகும். கட்டுமானப் பணியகங்களின் தேவைகள் மின் தொழிலினால் தீர்க்கப்படவில்லை. கட்டுமானப் பணிக்குப் பொருத்தமான சோதிக்கப்பட்ட சாதனங்கள் உற்பத்தி செய்யப்பட வில்லை.

தற்காலிக மின் வழங்கு மூலங்களின் நம்பகத்தன்மையை அதிகரிக்கத் தனிப்பட்ட குழுக்கள் பல குறிப்பிடத்தக்க நடவடிக்கைகள் எடுத்துள்ளன. பெரியதொரு கப்பல் கட்டும் தொழிற்சாலை, தற்காலிக மின் வழங்கு தொடர்களைத் தனி இணைப்புகளால் இணைக்கப்படும், கழற்றக்கூடிய குழாய்ப் பிரிவுகளாக வடிவமைத்தது. இத்தகைய மின் தொடர்கள் அதிக நம்பகமானவை, சூழ்நிலையின் விளைவுகளால் பாதிக்கப்படாதவை. துரதிர்ஷ்டவசமாக, கட்டுமானப் பணியகங்களிலும் கோத்திணைப்பு வேலையகங்களிலும் கழற்றக்கூடிய மின் தொடர் அமைப்புக்கள் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

தற்காலிக மின் தொடர்களிலும் கிராமப்புறப் பாதைகளிலும் வேலை செய்வோருக்கு அதிகமாகக் காயங்கள் ஏற்படுவதின் காரணம், திறனுள்ள பராமரிப்பாளர்கள் இல்லாமையும், மின் சாதனங்களைக் கையாளுதற்கு மின்சாரத்தோடு தொடர்பு கொள்ள வேண்டிய மின் பணியாளர் அல்லாதோருக்கு போதுமான பயிற்சி இல்லாமையுமேயாகும். தாழ் அழுத்தம் (65 வோ மற்றும் கீழ்) எனப்படும் அழுத்தத்தின் உண்மையான அபாயங்களைப் பெரும்பான்மையான மக்கள் அலட்சியப்படுத்தலும் தீய விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன. ஆனல் இதன் காரணம் ஒரு சிலர் தங்களது உடல்நலம், உயிர் ஆகியவற்றைச் சாதாரணமாக மதிப்பது மட்டுமல்ல. இந்தத் துறையைச் சேர்ந்த பல நிபுணர்கள் மின் பாதுகாப்பைச் சர்ச்சைக்குரிய தாக்குவதுமாகும். மின் பாதுகாப்புக் காரணிகளை நிர்ணயிக்கும் அடிப்படைக் கொள்கைகளைப் பற்றிய நிலையற்ற தன்மை கீழே விரிவாக விவாதிக்கப்படும்.

இத்தகைய விபரீதமான நிலைகள் கட்டுமானப் பணியாளர்களுக்கு மட்டுமின்றி, இரசாயனப் பொறியியல், எண்ணெய் தொழில், நூற்பு, நெசவுத் தொழில், உணவுப் பொருள் தொழில் போன்ற தனிப்பட்ட மின் சாதனங்கள், கம்பிகள், துவக்கிகள், கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் தேவைப்படும் எல்லாப் பிரிவுகளிலும் உண்டு.

அலங்காரத் திரைகள், வலைகள் திரைகள் உற்பத்திச் சாலைகளில் தொழிலகங்களில் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க அம்சம் காற்றில் கரிப் பொருட்கள் மிதந்து கிடப்பது. கீழே வரும்போது இக்கரித் துகள்கள் மிகச் சிறிய துவாரங்களிலும் புகுந்து விடுகின்றன. மனித உடலின் மின் எதிர்ப்புச் சக்தியைக் குறைக்கின்றன. பொருள்களின் மின் காப்புத் திறனைப் பாதிக்கின்றன. விளைவாகச் சாதாரண (பாதுகாப்பற்ற) சாதனங்களின் பொதுவான மின் காப்புத் தன்மைகள் பாதிக்கப்படுகின்றன. துவக்கிகளிலும் (ஸ்டார்டர்களிலும்) உற்பத்தி சாதனங்களிலும் கூட மின் அழுத்தம் தோன்றுகிறது. இது நிச்சயமாக மின் காயங்களை விளைவிக்காவிட்டாலும் வேலை நிலைகளை வெளிப்படையாக மோசமாக்குகிறது. மேலே குறிப்பிட்ட தூசி நிறை சுற்றுப்புறம் வேறு உற்பத்தி நிலையங்களிலும் பெரிய அளவில் உள்ளது. அத்தகைய நிலை ஏற்படும் பொழுது சாதனங்களை நம்பகமான

முறையில் அடைக்க வேண்டும் (உதாரணமாகத் துவக்கிகளின் மூடிகளை).

துணியுற்பத்தித் தொழிலில் மின் பாதுகாப்பை உத்தரவாதம் செய்தல் அதிகம் சிக்கலானது. துணியாலைகளில் நிறுவப்பட்டுள்ள இயந்திரங்களில் பல வலுவான அதிர்வோடும் உயர்ந்த வெப்பத் தோடும் இயங்குகின்றன. தூசி புகாத நிலையில் பாதுகாப்போடு மூடப் பட்ட இறுதி முனைப் பல பெட்டிகளிலும் கூடக் காற்றில் உள்ள ஈரமான தூசி புகுந்து விடுகிறது. இறுதி முனைகளில் நன்கு அமர்ந்து மின் தடைத் தன்மையைக் குறைத்து மின் குறுக்குப்பாதைகளை ஏற்படுத்துகிறது. தூசி புகா வடிவமைப்பு கொள்ளச் சாதாரண மின்னோடிகளில் (மோட்டார்) எளிதில் வளையக்கூடிய உலோக உறையினுள் ரப்பர் சூழ்ந்த கம்பி அமைக்கப்படுகிறது. ஆனாலும் உலோக உறையினுள்ளும் தூசி புகுந்து, அதிர்வு, வெப்பம், இவற்றோடு குறுகிய காலத்தில் கம்பிகளின் மின் காப்புத் தன்மையை சீரழிக்கிறது. தூசிகள் நெருப்புப் பற்றி விபத்துக்களை ஏற்படுத்தும் நிலத்தோடு பல முறை இணைப்பினால் துணி உற்பத்தியாளர்கள் ஆண்டொன்றிற்கு மூன்று-நான்கு முறை மின் எரியிழைகளை மாற்ற வேண்டியுள்ளது. இது மற்ற இயந்திர உற்பத்திச்சாலைகளை விட மிக அடிக்கடியாகும்.

தற்போது மிகுதியாக வளர்ந்து வரும் வேதியல், மின் வேதியல் தொழில்களிலும் இதே போன்ற இடர்ப்பாடுகள் உள்ளன. மின் காப்புப் பொருட்கள் (switchgear) பாதுகாப்பு சாதனம், ஒரு குறிப்பிட்ட உற்பத்தி நிலைக்காகச் செய்யப்பட்ட மோட்டார்களைப் போன்றவை மிகக் குறைவாகவே உள்ளன. மின்காப்புப் பொருளின் பழுதுகளும் மின் விபத்துக்களும் அதனாலேயே அடிக்கடி நிகழ்கின்றன. கிடைக் கின்ற மின் சாதனங்களுக்கு ஒப்பவே தொழில் நுட்பத்தை வளர்ப்பது முன்னேற்றத்தைப் பாதிக்கிறது.

தீ அபாயம் உள்ள இடங்களுக்காகச் சிறப்பாகப் பயன்படும் மின் சாதனங்களும் கருவிகளும் தயாராகக் கிடைக்கின்றன. மின் பொறியின் அலகுகளுக்கும் சில பொருட்களின் பற்றும் தன்மைக்கும் உள்ள தொடர்புகளின் விவரங்கள் கிடைப்பதில்லை. பாதுகாக்கப்பட்ட மூடிகளின் வடிவமைப்பு மிகச் சிக்கலாகிறது. பொறுதி வரம்புகள் தேவைக்கு மேல் அதிகமாகவே தெரிந்தெடுக்கப்படுகின்றன. பொது வாகப் பாதுகாப்பின் பொருட்டு, வழக்கமான சாதனங்கள் பாது காப்பு மூடிகளுக்குள் அமைக்கப்படுகின்றன. குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் எதுவும் சாதன வடிவமைப்பில் செய்யப்படுவதில்லை. விளைவாக மிகச் சிக்கலான பராமரிப்பிற்கும் அடிக்கடி வரும் பழுதுகளுக்கும் இது ஏதுவாகிறது.

மின் சாதனங்களும் மின் வழங்கு மூலங்களும் பயன்படுத்தப்படும் சுற்றுப்புற சூழல்களையும் அபாயக் காரணிகளையும் விரிவாக ஆராயும் பொருட்டு ஒரு அமைப்பினை நிறுவ வேண்டிய காலம் வந்து விட்டது. இத்தகைய ஆராய்ச்சி சந்தேகமில்லாமல் பல்வேறு உற்பத்தி

களின் தேவைக்கொப்ப சிறப்பான சாதனங்களை உற்பத்தி செய்யவும் வளர்க்கவும் ஊக்குவிக்கும். அமெரிக்க நாட்டில் தற்போது மின் சாதனங்களில் 50 சதவீதம் குறிப்பிட்ட உற்பத்தி தொழில் நுட்பத்திற்கு ஏற்பச் செய்யப்பட்டவை. ஜப்பான், பிரிட்டன் போன்ற நாடுகளும் இதையே பின்பற்றுகின்றன. இந்நாட்டிலும் இதே போன்ற செயல் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. எல்லா வழிகளிலும் அது ஊக்குவிக்கப் பட வேண்டும்.

அதிக எண்ணிக்கையில் தொழில்கள் பெருமளவில் மின்சாரத்தைப் பயன்படுத்துகின்றன. குறிப்பிட்ட உற்பத்தி சாதனங்களின் வடிவமைப்பும் அவற்றின் குறிப்பிட்ட இயக்க நிலைகளும் தேவைப்படுகின்றன. முற்றிலும் உற்பத்தி சாதனங்களின் நம்பகத் தன்மையின் வளர்ச்சியும் இது இயங்கும் பணிகள், பணி செய்யும் காலம் இவற்றின் அதிகரிப்பும் மின் சாதனங்களின் நம்பகத் தன்மையோடு தொடர் புடையன. பின்னது மின் பாதுகாப்பைப் பொருத்து அமைகிறது. ஆகவே தனிப்பட்ட சாதனங்களைப் புகுத்துவது மின் பாதுகாப்பி யலின் முக்கியமான அடிப்படைகளில் ஒன்றாகும்.

நாம் இப்போது விபத்துக்களின் காரணங்களையும் தீவிரத்தையும் வெளிப்படுத்துவதற்கு மனித உடலில் மின் சுற்றுவழி உருவாவதற்கான நிலைகளை ஆய்வோம். மின் விபத்துக்களை ஆராயும்போது கிடைத்த விவரங்கள் சதவீதமாகக் கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

விபத்தின் காரணம்	விபத்தின் சதவீதம்	
அ. திறந்தநிலை மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளோடு நேரடித் தொடுதல்	59.9	
1. மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளையும் கம்பிகளையும் தற்செயலாகத் தீண்டுதல்		31.6
2. மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைக் கையாளும்போது தற்செயலாகத் தீண்டுதல்		2.7
3. பழுதுபார்த்தல், சோதனையின்போது தவறுதலாக மின்சாரம் வழங்குதல்		25.6
ஆ. மின் அழுத்தம் கொண்ட, சாதன உலோகப் பகுதிகள் மேல் தீண்டுதல்	24.8	
1. நில இணைப்பற்றச் சாதனம், அறுந்த நில இணைப்புக் கம்பி, உலோகப் பொருட்கள் மூலம் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தீண்டுதல்		20.2
2. உலோகமில்லாத அமைப்புப் பகுதிகளின் மின் கடத்தா திறனின் மிகுதியான குறைவு		4.0

விபத்தின் காரணம்	விபத்தின் சதவீதம்
3. நில இணைப்பின் உயர்ந்த தடைத் திறன்	0.55
4. தற்போதைய முறைகள், வழிமுறைகள் படி செய்யப்பட்ட நில இணைப்பு	0.05
இ. மின்சாரம் பாயும், உலோக, உலோகமல்லாத பகுதிகளைத் தீண்டுதல்	11.7
ஈ. மின்காப்புப் பொருளின் பழுதால் மின்சாரம், பாயும் கட்டப்படும் கட்டிடத்தின் தரை, சுவர், உலோக வேலைப்பாடு ஆகியவற்றைத் தீண்டுதல்;	
1. நடை அழுத்தத்தால் ஏற்படும் காயங்கள்	2.4
2. திருப்பப்படும் கருவிகளால் இயங்கும் போது ஏற்படும் மின்வில் காயங்கள்	1.2
மொத்தம்	100

வெளியீடுகளில் கிடைக்கும் அரிதான தகவல்களை இந்த விவரங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் மனித உடலின் மேல் மின்சாரம் பாயும் நிலைகளை விரிவாகக் காட்ட இந்த விவரங்கள் உதவுதல் தெளிவாகும். மின்காயம் விளைக்கும் சுழற்சிப்பாதை அமைய ஒரு முக்கிய காரணம் மின்சாரம் பாயும் பாகங்களை ஒரு பொருளின் மூலம் தீண்டுதலாகும். பழுதுபடும் பொருட்களின் பல வகுபாடுகள் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. மனிதர்கள் சுமக்கும் ஏணி திறந்த நிலையிலுள்ள கம்பியைத் தீண்டுதல்; பொருள் தூக்கியின் முனை கம்பியைத் தீண்டும்போது தூக்கியின் அறையைத் தீண்டுதல்; பழுதுபட்ட மின் காப்புப் பொருள் கொண்ட கருவியுடன் மின் அழுத்தமுள்ள முனைகளைத் தொடுதல்; பலகையின் மேற்புறத்தோடு தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் முனையுள்ள துவக்கி பொருத்தப்பட்டுள்ள ஈரமான பலகையைத் தொடுதல் போன்றனவையேயாகும்.

3-3. மின் சாதனங்களின் வகைகளையொட்டி மின் காயங்களை வகைப்படுத்தல்

சாதனங்களின் குறிப்பிட்ட வகைகள் கொண்டு மின் விபத்துக்களை ஆராய்தல் நடைமுறை மதிப்புடையது. மின் சாதன உற்பத்தியாளர்கள் மேல் ஈடுகள் கேட்பதற்கு மிகுதியான விவரங்களை இம்முறை அளிக்கிறது. அட்டவணை 3-1 மின் சாதனங்களை ஒட்டி செய்யப்பட்டுள்ள மின்காயங்களின் வகைபாடுகளைக் கொண்டது.

அட்டவணை 3-1

சாதனங்களின் பிரிவுகளையொட்டி மின் காயங்களை வகைப்படுத்தல்

சாதனத்தின் பெயர்	(மொத்த நிகழ்ச்சிகளில்) காயங்களின் சதவீதம் — சோவியத் நாடு	
அ. மின் வழங்கு மூலங்கள், நிலையங்கள் ஆகியவற்றின் மின் சாதனங்கள், வழங்கு உபாயங்கள், சக்தி மின் மாற்றிகள் இணைப்புகள் உள்ளடங்க :	42.3	
1. நிலையான தற்காலிக மேல் நிலைத்தொடர்கள்		29.4
2. நிலத்தடி, வடத்தொடர், உட்புற மின் கம்பிகள்		12.9
ஆ. மின் ஓட்டப் போக்குவரத்து :	7.4	
நகர, நகரப்புற, தொடரி மேல் நிலைத்தொடு கம்பிகள், மின் சாதனங்கள்		2.1
தொழிற்சாலைகளிலுள்ள போக்குவரத்து		5.3
இ. துவக்கக் கட்டுப்பாட்டு சாதனங்கள் உள்ள ஓட்டு முறைகள்	22.2	
ஈ. மின் பற்றுவைப்புப் பொறிகள், அவற்றிற்கான தற்காலிகக் கம்பியமைப்பு	8.1	
உ. உயர் அலைவெண் அமைப்புகள்	1.5	
ஊ. சுமந்து செல்லும் இயந்திரங்களின் மின் பொறிகள்	4.8	
எ. கொண்டு செல்லும் மின்னியங்கு கருவிகள், மின் வடம்	3.3	
ஏ. மின்ஒளி	9.4	
நிலையான விளக்குகள்		7.2
எடுத்துச் செல்லும் விளக்குகள்		2.2
பல்வகையானவை	1.0	
மொத்தம் :	100.0	

இந்த அட்டவணை மிகச் சரியானது என்று கூறுவதற்கில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட மின் காயத்தை மின் தொடர்களில் உள்ள இடர்ப்பாடுகளுடனே, அல்லது மின் வழங்கல், ஒளி மின் மூலங்கள் இவைகளது தவறுகளாகக் கூறுதல் பல நேரங்களில் சர்ச்சைக்குரியதே. அப்படிப்பட்ட முரண்பாடுகள் அட்டவணையிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட முடிவு எட்டுவதை மாற்றுவதில்லை. அதாவது குறைந்த அளவு மின்சக்தி பயன்படுத்தும் சாதனங்களில் மின் காயங்களின் குறிப்பிடத்தக்க சதவீதமாகும். உ.அ. நிறுவனங்கள் (H.F. sets) மின் பற்றுவைப்புக் கருவிகள், எடுத்துச் செல்லும் மின் நுட்பக் கருவிகள் ஆகியவை.

விவரங்களை ஒப்பிடும்போது மின் ஓட்டு மின் தூக்கி, எடுத்துச் செல்லும் சாதனங்களைப் பொருத்தவரை பெருத்த ஒற்றுமையும் மின் பற்றுவைப்பு வெளியாகிறது. இங்கிலாந்து போன்றே பரவலாக மின் பற்றுவைப்புகளைப் பயன்படுத்தும் சோவியத் நாட்டில் இத் தகைய காயங்கள் குறைவே. மின் பற்றுவைப்புச் சாதனங்களைப் பயன்படுத்தும்போது மின்பாதுகாப்பு போதுமான அளவில் இந் நாட்டிலும் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை என்று கூறப்படுகிறது. ஆகவே இங்கிலாந்து நாட்டில் (மின் பற்றுவைப்புச் சாதனங்களில்) மின் பாதுகாப்பில் இதை விடப் பல குறைகள் உள்ளன என்று தெளி வாகிறது.

மின் காயங்களைச் சாதனங்களை ஒட்டி வகைபாடு செய்யும்போது இடர்ப்பாடுகளின் காரணங்களை வெளிக்கொணர வேண்டும். தவறு, சாதனத்தின் வடிவமைப்பிலா, உற்பத்தியிலா, கோத்திணைப்பிலா, அல்லது தவருக் கையாளுவதாலா என்பது தெளிவாக்கப்பட வேண் டும். இந்த விஷயத்தைப் பொருத்தவரை வெளியீடுகளில் விவரங்கள் குறைவாகவே இருக்கின்றன. இது முதல் விவரங்கள் கிடைப்பதில் உள்ள சிரமங்களால் ஆகும். விபத்தறிக்கைகளை ஆராய்ந்து பெற்ற விவரங்களை இந்த நூல் ஆசிரியர் கீழே தந்துள்ளார்.

மூன்று பெரிய பிரிவுகள் கீழ்வருமாறு :

(1) 40-50 சதவீதம் மின்காயங்கள் சாதனங்களைத் தவருகவும் மாறுபட்ட முறையிலும் பயன்படுத்துவதால் விளைகின்றன. இதனுல் மின் காப்புத் தன்மை குறைகிறது; மின்சாரம் செல்லக் கூடாத பாகங்களில் மின் அழுத்தம் காணப்படுகிறது; இறுதியில் ஒரு பழுது நேர்ந்தவுடனேயே சாதனம் நின்று விடுகிறது.

(2) 25-30 சதவீதம் வரை மின் காயங்கள் வேலை இடங்களில் முறையற்றப் பாதுகாப்பு அமைப்பின் மூலமும், பாதுகாப்பு விஷயங் களில் இயங்கும் மனிதர்களுக்குச் சரியான அறிவுரைகள் கொடுக்காத தாலும் ஏற்படுகின்றன. இவற்றினுல் மனிதர் கையாளும் பகுதிகளில் மின் அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது; மின்சாரம் செல்லும் பகுதிகள் தீண்டப்படுகின்றன; உயிருக்கு அபாயம் விளைவிக்கும் வகையில் சாதனங்கள் தவருகக் கையாளப்படுகின்றன; மின் விபத்தால் பாதிக்கப் பட்டோருக்கு முதலுதவி தரப்படுவதில்லை.

(3) 30-35 சதவீதம் காயங்கள், சாதன வடிவமைப்பிலும் கோத் திணைப்பிலும் உள்ள குறைபாடுகளால் நேர்கின்றன. அவை : மூடப் படாத அல்லது நம்பகமான முறையில் காக்கப்படாத மின்சாரம் பாயும் பகுதிகள், உலோக உறைகளையும் அமைப்புப் பகுதிகளையும் பயன்படுத்தல் (மின் கடத்தாப் பொருட்களால் மூடிகள் தயார் செய்ய வேண்டும் பொழுது), மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளுக்கும், உலோகப் பகுதிகளுக்கும் போதுமான இடைவெளி இல்லாமை.

இரண்டாம் பிரிவு இயங்கும் நிலைகளைப் பொருத்தது; மூன்றும் பிரிவு சாதன வடிவமைப்பையும் கோத்திணைக்கையில் ஏற்படும்

தவறுகளையும் பொருத்தது; முதல் பிரிவு இவை அனைத்தையும் பொருத்தது. ஆகவே முதல் பார்வையிலே 52 சதவீதம் மின் விபத்துக்கள் மின் சாதனங்களைத் தவருகப் பயன்படுத்துவதால் நேரிடுகின்றன என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

இந்த மதிப்பீடு 58 சதவீதம் மின் காயங்கள் மின் சாதனங்களைத் தவருகக் கையாளுவதால் உண்டாகின்றன என்று வி. ஃபிலிப்போவா வும் ஜி. கோர்டானும் கூறியதோடு ஒத்து வருகிறது. ஆகவே ஒரு முக்கிய முடிவு எட்டப்படுகிறது : ''மின் சாதனங்களைக் கையாளுவதில் உள்ள குறைபாடுகள் சரியான தவிர்ப்புப் பராமரிப்பு முறை இல்லாமை, எளிதான நிர்வாக தொழில் நுட்ப நடவடிக்கைகளால் திருத்தப்படக்கூடுமாதலால் மின் காயங்கள் பாதியளவு குறைக்கப்பட இயலும்''.

உற்பத்தி செய்வதில் உள்ள தவறுகளை (வடிவமைப்பில் துவங்கி, கோத்திணைப்பில் முடிபவை) நீக்குவது கடினம். இத்தகைய பழுதுகள் இருப்பது நம்பகத்தன்மையின் சிக்கல்களைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. இந்தப் பிரசினை சரியாகத் தீர்க்கப்படவில்லை என்று உணர்த்துகிறது. நம்பகத் தன்மை பிரசினைகளுக்குக் காணும் தீர்வு நாளாவட்டத்தில் மின் விபத்துகளை முழுமையாக நீக்க உதவும்.

மின் விபத்துகளை ஆராயும்போது ஆராய்ச்சியிலுள்ள பல்வேறு வகையான சாதனங்களின் குறியீட்டு எண்களைக் குறிப்பிடுவது நல்ல பழக்கமாகும். அத்தகைய குறியீட்டு எண்களை ஒப்பிட்டதால் கீழ்க் காணும் முடிவுகள் பெறப்பட்டன.

ஒரு மின் ஓடி (மோட்டார்)க்கு ஒரு மின் காயம் என்று அலகு நிர்ணயித்தால், ஒரு மின் பற்றுவைப்புப் பொறிக்கு 41 காயங்களும் ஒரு எடுத்துச்செல்லக்கூடிய ஒலி வாங்கியில் 72 காயங்களும் ஒரு உ.அ. சாதன அமைப்பில் 118 விபத்துக்களும் நிகழ்ந்தது தெரியவரும்.

1,000 வோ கீழ், நிலையான மற்றும் தற்காலிக மின் வழங்கு மூலங்களில் நிகழ்ந்த விபத்துக்களை ஒப்பிடுதல் நன்று. 1,000 கி.மீ நிலையான மின் வழங்கு பாதையில் நிகழும் மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கையை ஒன்று என்று எடுத்துக் கொண்டால் அதே அளவு தற்காலிக மின் வழங்கு பாதையில் 35 பங்கு விபத்துக்கள் நிகழ்ந்ததைக் காணலாம்.

மேலே குறிப்பிட்ட குறியீட்டு எண்கள் சில தொழிலகங்களில் செய்த சிறப்பு ஆய்வில் பெற்ற விவரங்களை ஒட்டி கணக்கீடு செய்யப்பட்டன. நாட்டில் உள்ள எல்லாத் தொழில்களுக்கும் அதனை ஒப்பிடுதல் சரியாகாது. ஆனுலும் ஓரளவிற்கு இவை பொது நிலவரத்தைக் காட்டுகின்றன. எனவே நிலையான மின் ஓடிகளின் (மோட்டார்) பராமரிப்பு ஏனைய மின் சாதனங்களின் பராமரிப்பை விடச் சிறந்தது என்பது தெளிவு. நிலையான மின் எந்திரங்களில் உற்பத்தி செய்யும்போது நிகழும் அமைப்புப் பழுதுகளும் குறைபா டுகளும் குறைவாக இருப்பது ஒரு காரணம்.

வடிவமைப்பிலோ பயன்பாட்டிலோ பெரிதும் வேறுபடக்கூடிய சாதனங்களில் மின் காயங்கள் ஏற்படுகின்றன. ஆகவே மின் காயப்பாட்டின் ஆய்வுகளை மட்டும் வைத்துச் சாதனங்களின் நம்பகத்தன்மையின் மேம்பாட்டிற்குச் சிபாரிசுகள் செய்வது அவ்வளவு எளிதல்ல. ஆனாலும் கீழ்க்காணும் சிபாரிசுகள் பொருத்தமுடையன என்று நாங்கள் கருதுகிறோம் :

(1) அமைப்பின் பகுதிகளும் அமைப்புக்கள் முழுவதுமே இயன்றவரை மின் கடத்தாப் பொருட்களால் உற்பத்தி செய்யப்பட வேண்டும்;

(2) மின் காப்புப் பொருள்கள், தங்களது மின் காப்புத் தன்மைகளை இழக்காத தகுதி கொண்டனவாக இருக்க வேண்டும்;

(3) மின் காப்புத் தன்மை சிதைவுறும்போது மின்சாரம் பாயக் கூடிய சாதனங்கள் மற்றும் கருவிகளின் உலோகப் பகுதிகள் மின் காப்புத் தன்மையுடைய வண்ணங்களால் பூசப்பட வேண்டும்;

(4) சிக்கலான மின் வழங்கு அமைப்பு உள்ள சாதனங்கள், குறிப்பாக இயங்கும்போது திறக்கப்பட வேண்டியவை, வேறு மின்பாதை இணையாத வகையில், எளிதான நம்பகமான பிணைப்பியக்க முறை (interlocking) கொண்டிருத்தல் வேண்டும்.

(5) மின்சாரம் பாயும் பகுதிகள் பழுது பார்ப்போருக்கு அணுக வசதியாய் அமைய வேண்டும்;

(6) மின் கம்பிகள், வடங்களின் தரம் இயக்க நிலைகளுக்கு ஏற்ப அமைய வேண்டும்;

(7) மின் சாதனங்களை வடிவமைக்கும்போது மின் சாதனங்களைக் கையாளும்போது ஏற்படும் பழைய அனுபவங்கள் குறிப்பாகப் பழைய மின் முறிவுகள், மின் விபத்துக்கள் பற்றிய கணிப்புக்களின் அனுபவம் கணக்கில் எடுக்கப்பட வேண்டும்.

இந்தப் பொதுப்படையான சிபாரிசுகளைக் குறிப்பிட்ட சாதனங்களில் அமுல் செய்வதற்கு ஆராய்ச்சி மையங்களின் செயல்பாடுகள், மின் வழங்கிகள் மின் துறைகள் மின் அமைப்புகள் ஆகியவற்றின் மேல் நுட்ப ஆய்வு மின் பொறியியல் துறையில் பெற்ற அனுபவங்களை முறைப்படி வகைபாடு செய்து பொதுமைப்படுத்தல் பயனுள்ளதாக அமையும். இப்போது மேற்கொள்ளப்பட்டுவரும் நடவடிக்கைகள் வேகம் பெற்றுள்ளன. தொழில் நுட்ப ஏடுகளிலும் பத்திரிக்கைகளிலும் வரும் பல்வேறு வெளியீடுகள் மூலம் இது தெளிவாகிறது. உற்பத்தியாளருக்கு அனுப்பப்படும் திருப்தியற்ற சாதனங்கள் மேலான அறிக்கைகளும் இந்த நோக்கமுடையவை. ஆனாலும் இந்நடவடிக்கைகளின் பெருநோக்கு விரிவாக்கப்பட வேண்டும். ஆகவே பலவகையான மின் சாதனங்களில் ஏற்படும் மின் காயங்கள் பற்றிய சிறப்புப் புலனாய்வில் கிடைத்த விவரங்களை நோக்குதல் பொருத்தமெனக் கருதுகிறோம். மின் விபத்து நேரிட்ட சந்தர்ப்பங்களைக் கவனத்தோடு ஆராயும் நோக்கத்தோடு ஆசிரியரால் இந்தப் புலனாய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டது.

மேனிலை மின்செலுத்தத் தொடர்கள் : 1,000 வோ அருகுள்ள மின் அழுத்தங்களைக் கொண்டு செல்லும் மின் தொடர்களில் நிகழும் விபத்துக்களின் சதவீதம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது :

மின் அழுத்தமுள்ள பகுதிகளில் தவறுதலாகச் சிலர் நுழைவது "இணைப்புக்களை ஏற்படுத்தலும் மாற்றலும்" என்ற தலைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

விபத்துச் சந்தர்ப்பங்கள்	விபத்து சதவீதம்
மின்தொடரில் பழுதுபார்த்தல்	33.3
கம்பிகள் முறிதலும் முறுக்கிக் கொள்ளலும்	26.7
கட்டுமானப் பணிகள் செய்யும்போது	9.1
இணைப்புக்களை ஏற்படுத்தலும் மாற்றலும்	11.9
மற்றவை	19.0
மொத்தம்	100.0

மற்றவை எனும் தொகுப்பு தூண்டப்பட்ட மின் அழுத்தத்தினால் ஏற்படும் விபத்துக்களையும் உள்ளடக்கியுள்ளது. 20ஆம் ஆண்டுகளில் தேசிய மின்மயக் கொள்கைகளின் துவக்க காலங்களில் ஏ. ஸ்முரோவ் இத்தகைய காயங்கள் பற்றி முன் எச்சரிக்கை செய்தார். திறன் மிக்க மின் செலுத்தத் தொடர்கள், மின் இணைப்புச் சுற்றுவழிகளிலும் இணையாகச் செல்லும் செலுத்தத் தொடர்களிலும் உயர்ந்த அழுத்தங்களைத் தூண்டக்கூடியது என முதலில் கூறியவர் அவரே. இது தீர்க்கத் தரிசனமாகியது. முக்கிய பெரும் மின் செலுத்தத் தொடர்கள் அமைக்கப்பட்டபோது இயக்கத்திலுள்ள செலுத்தத் தொடர்களால் தூண்டப்பட்ட மின் அழுத்தங்களால் விபத்துக்கள் நிகழ்ந்தன.

நிகழ்ச்சி **3-4.** துண்டிக்கப்பட்ட 110 கி. வோ மின் செலுத்தத் தொடரின் கம்பிகள் மாற்றப்பட வேண்டி இருந்தன. அதே தாங்கிகளில் தொங்க விடப்பட்ட இன்னொரு தொடரில் மின்சாரம் இருந்தது. மூன்று கம்பிகளையும் நங்கூரக் கட்டையின் மூலம் நில இணைப்பு செய்துவிட்டு ஒரு மின் பணியாளர் கம்பியின் இணைப்பை அறுக்கத் துவங்கினார். இதற்கிடையில் மற்றொரு மின் பணியாளர் ஒரு முனை நில இணைப்பைப் பொருத்திக் கொண்டிருந்தார். இணைப்பை அறுத்த பிறகு முதல் பணியாளர் கம்பியை இரு கைகளாலும் வளைக்கத் துவங்கினார். கடைசிக் கம்பி உடைந்த உடன் அவருக்கு மின் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டது. மின் விபத்தை ஆய்வு செய்ததில் மின்சாரம் உள்ள சுற்றுவழியின் சமனமற்ற மின் காந்தப் புலத்தினால் துண்டிக்கப்பட்ட சுற்றுவழியில் தூண்டப்பட்ட மின் அழுத்தத்தினால் மின் விபத்து நிகழ்ந்தது தெரிய வருகிறது. மதிப்பீடு செய்யப்பட்டுள்ள விவரங்களிலிருந்து பாதிக்கப்பட்ட பணியாளர் பிடித்துக்கொண்டிருந்த அறுக்கப்பட்ட இணைப்புக்

களின் முனைகளில் மின்காந்தப் புலத்தினுல் தூண்டப்பட்ட அழுத்தம் 140-200 வோ கொண்டதாயிருந்தது தெரியவருகிறது.

எம். மாடியுஷின் நில இணைப்புக் கம்பிகளைப் பொருத்தும்போதும் எடுக்கும்போதும் பணியாளர் சரியாகச் செய்யாததாலும் 500 கி.வோ மின் செலுத்தத் தொடர்களில் தூண்டப்பட்ட மின் அழுத்தத்தாலும் நிகழ்ந்த இரு விபத்துக்களை விவரிக்கிறார். ஆசிரியர் கூறுகிறபடி தூண்டப்பட்ட மின் அழுத்தம் 30 கி. வோ. இந்நூலாசிரியரும் அது போன்ற மின் காயத்தைப் புலனுய்வு செய்தார்.

நிகழ்ச்சி 3-5. நீர் மின் ஆக்க நிலையம் ஒன்றில் நேர்படுத்தும் செயல்கள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. உணர்த்தி பாதுகாப்பு சாதனங்களைச் சோதித்து இயக்குவதும் அவற்றில் அடங்கும். குறுக்கிணைக்கும் கம்பிகள், சோதிப்பதற்கு எண்ணெய் திறப்பானில் பொருத்தப்பட வேண்டும். எண்ணெய் திறப்பான்கள் உற்பத்தி எந்திரத்தால் மின்சாரம் பெறும் 200 மீ நீளமுள்ள செலுத்தத் தொடர்களோடு தொடர்புடையன. இணைப்புக் கம்பியால் மின் சுற்றுவழி மூடப்பட்ட உற்பத்தி எந்திரம், வெளி மின் சுற்றுவழியில் உள்ள மின்னோட்டம், (கரண்ட்) குறுக்குச் சுற்றுவழி ஒட்ட அளவை எட்டக்கூடிய வகையில் மின் அழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டது. இந்நிகழ்ச்சியில் மின் அழுத்தம் சில பத்து வோல்ட்டுகளே. சோதனை இரண்டு குழுக்களால் நடத்தப்பட்டது. ஒரு குழு சோதனையை முடித்து விட்டது. மற்றொன்று தொடர்ந்து செய்து கொண்டிருந்தது. முதல் குழுவின் மின் பணியாளர் குறுக்கிணைக் கம்பியை எடுத்தபொழுது எண்ணெய் திறப்பானின் இறுதி முனையைப் பற்றிக் கொண்டிருந்தார். மறு கையால் கம்பியைத் தொட்டபோது மின்சாரம் அவர் மேல் பாய்ந்தது. இந்தச் சுற்றுவழியில் இரண்டாம் குழு வேலை செய்து கொண்டிருந்த மின் தொடரிலிருந்து மின் அழுத்தம் தூண்டப்பட்டது.

110 கி. வோ அதற்கு மேலும் உள்ள இணை மின் செலுத்தத் தொடர்களைப் பெருவாரியாக அமைத்தல், செலுத்தும் மின் ஆற்றலின் அதிகரிப்பு, அதிக மின் அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்துதல், இயங்கும் மின் தொடர்களுக்கு அருகிலுள்ள, மின்சாரம் இல்லா அமைப்புகளில் உள்ள வேலை இடங்களில் உள்ள பணியாளர்பால் கவனம் தேவை என வலியுறுத்துகின்றன. தூண்டப்படும் மின் அழுத்தத்தின்பால் கவனமற்ற அணுகுமுறை புதிய ஆபத்துப் பகுதிகளைத் தோற்றுவிக்கும்.

எம். மாட்யுஷின் மாஸ்கோ பகுதியிலும் எல். நாவுமாவ்ஸ்கி லெனின்கிராடு பகுதியிலும் மின் செலுத்தத் தொடர்களில் ஏற்பட்ட மின் விபத்துக்களின் தன்மைகள் பற்றிக் குறிப்பிட்டிருப்பவை தெளிவானவை. இந்த ஆசிரியர்கள் கூற்றின்படி மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை (உயர்மின் அழுத்தத் தொடர்கள் அதிகரித்தாலும்) தொடர்ந்து குறைந்து வருகிறது.

இந்த இரண்டு மின் அமைப்புக்களிலும் (மாஸ்கோ, லெனின் கிராடு) 1,000 வோ மேல் உள்ள அழுத்தம் பெறும் மின் சாதனங்களிலேயே அதிக அளவு மின் விபத்துகள் நிகழ்கின்றன.

மின் செலுத்தத் தொடர்களில் நிகழும் மின் விபத்துக்கள் மாஸ்கோவை விட லெனின்கிராடு மின் அமைப்பில் குறைவு. இதற்கு 220 கி. வோ மின் பாதைகளின் குறைந்த நீளமும் 500 கி. வோ பாதைகள் இல்லாமையுமே காரணம்.

கிடைத்த முடிவு வியப்பளிக்கவில்லை. துணை மின்நிலையத்தை ஒரு மின் பணியாளர் (நிரந்தரப் பணி மூலமோ, வந்து கவனித்தோ) பராமரித்தல் (பிணைப்பியக்க வசதிகள், தானியங்கு, தொலை தெரிவி அளவீட்டுக் கட்டுப் பாட்டுக் கருவிகள் மூலம்) பயனீட்டாளர்களுக்கு மின் வழங்கலின் நம்பகத் தன்மையை அதிகரிப்பதுடன், பராமரிப்பாளர்களுக்கு அதிக பாதுகாப்பினை யும் அளிக்க உதவுகிறது என்று அவர் எழுதினர்.

ஒரே மின் பணியாளர், குறிப்பாகப் பல துணை நிலையங்களில் செயலாற்றுபவர் பெரும் பொறுப்பை உணர்கிருர். பாதுகாப்பு முறைகளையும் தொழில் அறிவுரைகளையும் கண்டிப்போடு கடைப் பிடிக்கிருர். வேறு மின் அமைப்புக்களில் கிடைத்த அனுபவங்கள் மூலமும் இது உறுதியாகிறது. மேற்கூறியனவற்ருல் மின் பாதுகாப்பினை மேம்படுத்த: 1) மேல் நிலை செலுத்தத் தொடர்கள் திறப்பு சாதனங்களைத் தானியங்கிகளாக்குவதைத் தொடர வேண்டும், 2) விஞ்ஞான ரீதியிலான நிர்வாகத்தைப் புகுத்தலைத் தொடர வேண்டும், பொறியியல்-உளவியலின் நிலைமைகளை மேம்படுத்த வேண்டும். பின்னது வேலையாட்களின் நம்பகத் தன்மையை மேம்படுத்துவதற்காக நிலைமைகளையும் நடவடிக்கைகளையும் நிர்ணயிக்க உதவும்.

1,000 வோ கீழுள்ள நிலையான மேல் நிலைத் தொடர்களில் நிகழ்ந்த விபத்துக்களின் ஆய்விலிருந்து பாதிக்கப்பட்டோரில் 61.1 சதவீதம் மின் பணியாளர்களே என்று தெரியவருகிறது.

இந்தத் தொடரில் நிகழும் விபத்துக்களின் காரணங்கள் மின் சாதனங்களைத் தவருகப் பயன்படுத்துவதால் விளைகின்றன. ஒழுங் கமைப்பின் குறைபாடுகளும் காரணமாகின்றன (மின் தொடர்களைச் செப்பனிடும்போதும் கட்டுமானப் பணிகளின்போது இணைப்புகளை அமைக்கும்போதும் மாற்றும்போதும்). கம்பிகள் அறுவதும் இணைப்பு துண்டிப்பின் போதும் ஏற்படும் முறிவுகளுக்கும் கோத்திணைப்பின் பொழுது பழுதுகளும் பயன்படுத்தப்பட்ட பொருட்களின் தன்மையும் காரணமாகின்றன. அறுந்த கம்பிகளைத் தீண்டுவதால் ஏற்படும் விபத் துக்களுக்கு வேலையாட்களே காரணமாவர்.

கம்பிகள் அறுந்தும் சமயங்களில் அருமலே கீழே விழுவதற்கும் அவற்றின் தாங்கிகள் விழுவது காரணமாயிருந்திருக்கிறது. கம்பங் களின் உளுத்த மரம் சரி செய்யப்படாமை இதன் காரணம். கம்பம் முறிந்ததனுல் 6 கி. வோ மின் தொடரின் கம்பிகள், வானெலி அஞ்சல் கம்பிகளோடு பின்னப்பட்டு அதனுல் ஏற்பட்ட விபத்தில் மூவர் இறந்தனர், நாற்பது பேர் காயப்பட்டனர். இந்நாட்களில் உளுத்த மரத்தினுல் ஏற்படும் தவறுகள் அரிதே.

துவக்கு சாதனங்களின் நில இணைப்பற்ற மூடிகள், மின்சாரமுள்ள திறப்பான்களைத் தீண்டியதால் சில விபத்துக்கள் நேர்ந்துள்ளன. மூன்று நிகழ்ச்சிகளில் நில இணைப்பற்ற இரும்பு மூடிகளுக்குள் வைக்கப்பட்டுள்ள நெம்பிகளும் எரியிழைகளும் கல்நார்-சிமிண்ட் (asbestos-cement) பலகைகளில் பொருத்தப்பட்டிருந்தன. அவற்றின் மின் தடை சக்தி காலப்போக்கில் 100 ஓம் ஆகக் குறைந்தது. இரும்பு மூடிகளில் அடங்கிய நெம்பிகளை வேஃபெர் (wafer) திறப்பான் களாலும் தானியங்கி மின் சுற்றுப்பாதை திறப்பான்களாலும் மாற்றி கல்நார்-சிமிண்ட் பலகைகளை எடுத்த பின்னர், இந்த ஆபத்துப் பகுதி நீங்கியது.

ஒரு நிகழ்ச்சியில் ஒரு துணை மின் நிலையத்தின் மின் வழங்கு பெட்டியோடு இணைக்கப்பட்ட ஒரு எடுத்துச் செல்லும் விளக்கின் கம்பி வடம் அந்தப் பெட்டியின் உலோகக் கதவைச் சாத்தும்போது சேதமுற்றது. விபத்து நிகழ்ந்தது. மின் பாதையில் திருத்தப்படாத பிழைகளினாலும் காயங்கள் ஏற்படுகின்றன. அபாய அஞ்சல் பணி வல்லுநர்களிடத்திலும் மின் வழங்கிகளின் ஆய்வுக் குழுவினர் பாலும் இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் நேர்ந்துள்ளன. தற்காலிகப் பாதைகளில் காயங்களின் காரணம் மாறுபடுகிறது. விபத்துச் சந்தாப்பங்களும் காயங்களின் சதவீதமும் அட்டவணையில் உள்ளன :

விபத்துச் சந்தர்ப்பங்கள்	காயங்களின் சதவீதம்
உடைந்த மின்சாரக் கம்பியைத் தீண்டுதல்	37.4
சிதைந்த கடத்தாப் பொருளுடைய கம்பியைத் தீண்டுதல் (சாதனத்தின் பகுதியோ பல்வேறு பொருட்களோ மின் அழுத்தம் பெறுதல்)	23.6
பழுதுபார்த்தல், சுற்றுப்பாதையை மின் வழங்கியோடு இணைத்தல்	18.8
சரியாக மின்காப்பிடப்படாத கம்பியைத் தீண்டுதல்	13.2
மற்றவை	7.0
மொத்தம்	100.0

அபாயமான ஆபத்துக்களை விளைவிக்கும் தீண்டுதலின் காரணங் கள் எடுத்தெழுத முடியாத அளவுக்கு அதிகமானவை. 35 சதவீதம் இத்தகைய தீண்டுதல்கள் குறைபாடுள்ள வடிவமைப்பு, கம்பியமைப் பின் மூலமும் 65 சதவீதம், கம்பிகளின் மின் காப்புத்தன்மையில் பழுதுகள் நாட்பட்ட பணியால் ஏற்படுவதன் மூலமும் நிகழ்கின்றன. காயங்களைப் பெற்றவரின் மொத்த எண்ணிக்கையில் 71.5 சதவீதம் மின்னியல் துறையல்லாதோரே. ஆகவே மின் உயிரிழப்புகளின் ஒரு முக்கிய காரணம் சிதைந்த கம்பிகளோடு ஏற்படும் தொடர்பினால், பலவகைப் பொருட்கள், சாதனங்களின் பகுதிகள் இவற்றில் தோன்றும்

மின் அழுத்தமே. ரப்பர் சூழ் கம்பியின் வெற்று முனையோடு தொடர்புள்ள ஈரப் பலகையையோ, ஈர மரச்சுவரையோ, கம்பத்தையோ மனிதன் தொடுவதன் மூலம் ஏழு விபத்துக்கள் நிகழ்ந்துள்ளன (அவைகள் உடல் வழியாக மின்சாரம் பாய்ந்ததனுல் ஏற்பட்டன).

அத்தகைய விபத்துக்கள் சில தற்போது நிகழ்ந்தன. ஆகவே பணியாளர்களுக்குப் பொதுவான மின் மூல அழுத்தங்களின் அபாயங்களையும் சிறிய அழுத்தங்களின் அபாயங்களையும் சிறிய அழுத்தங்களாலும் காயங்கள் விளையக்கூடும் என்பதையும் வலியுறுத்துவது தேவையாகிறது.

உட்புற மூலங்கள் : தொழிற்கூடங்களில் நிகழும் காயங்களில் சதவீதம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது :

விபத்துச் சந்தர்ப்பங்கள்	காயங்களின் சதவீதம்
பழுது பார்த்தல்	38.6
சிதைந்த கடத்தாப் பொருளுடைய கம்பியைத் தீண்டுதல் (சாதனமோ, அதன் பகுதியோ, கடத்தாப் பொருள் சிதைந்த கம்பியால் தீண்டப்படுதல்)	28.4
மின் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்களை இணைத்தலும் துண்டித்தலும்	13.8
மற்றவை	19.2
மொத்தம்	100.0

தொழிற்கூடங்களின் உட்புற மூலங்களில் ஏற்படும் விபத்துக்களில் பெரும்பான்மையானவை கம்பிகள், மூடுகள், துண்டிப்புக் கருவிகளுக்கு ஏற்படும் சிதைவுகளால் நேரிடுகின்றன. தரை இணைப்பு செய்யப்படாத சாதனங்களைத் தொடுவதால் ஏற்பட்ட விபத்துக்கள் மிகவும் அதிகம். உட்புற மின் மூலங்களில் நிகழ்ந்த விபத்துக்களில் மூன்றில் ஒரு பங்கு மின் பணியாளருக்கு நேர்ந்தது. கட்டுமான பணியாளர்களும் மற்றத் தொழில் பணியாளர்களும் மொத்த மின் காயங்களிலும் 38.5 சதவீதம் மின் காயங்கள் பெற்றனர். அவையல்லாத பணிகளில் ஈடுபட்டவர்கள் 21.00 சகவீதம் விபத்துக்களுக்குள்ளானுர்கள். மீதம் பொறி நிபுணர், அலுவலகப் பணியாளர், இளம் பராமரிப்பாளர்களுக்கு நேர்ந்தவை.

விபத்துக்களின் சந்தர்ப்பங்களோ பல்வகைப்பட்டவை. மின்பலகைகள், திறப்பான்களில் பயன்படும் உலோகங்களின் சரியற்ற நிலைகளாலும் பல விபத்துக்கள் நேர்ந்துள்ளன. பாதுகாப்பு மூடிகளில் தரை இணைப்பு இல்லாமையால் மட்டும் இங்கு விபத்துக்கள் நிகழ்வதில்லை. ஒரு மின் துவக்கியின் பிளாஸ்டிக் மூடியினைத் தொட்டதால் இரண்டு விபத்துக்கள் நிகழ்ந்தன. விபத்துக்கள் நடந்த இடங்கள் ஈரமாகவும் மூடிகள் தூசி படிந்தனவாகவும் இருந்தன. அவற்றின் மேல்பாகம் மின் கடத்தக் கூடியதாக அமைந்தது. ஒரு நிகழ்ச்சியில் வண்டிகளில் மசகிடுவதற்குப் பயன்படுத்தும் கரி,

மெழுகு, கால் மூடப்பட்ட ஒரு துவக்கியைத் தொட்டதால் விபத்து நிகழ்ந்தது.

ரப்பர் சூழ்கம்பியை உள்ளடக்கிய தரை இணைப்பற்றக் குழாயினைத் தொட்டதால் நான்கு விபத்துக்கள் நிகழ்ந்தன. இரண்டு நிகழ்ச்சிகளில் மின் பொருத்தியின் வெளிப்பாகத்தில் காப்புப் பொருளின் சிதைவால் குழாயில் மின்சாரம் பாய்ந்தது. மூன்றாவதில் திறப்பானின் இணைப்பில் மேற்கூறியதே நேர்ந்தது. நான்காவதில் மின்சாரம் செல்லும் கம்பி குழாயோடும் நேரடித் தொடர்பு கொண்டிருந்தது; ஏனென்றால் தண்ணீர் குழாயுள் நுழைந்து கம்பிகளின் முனைகளில் காப்புத் திறனைக் குறைத்தது.

தகுதி குறைந்த உலோகங்கள் பற்றிய நமது அபாய அறிவிப்பு செவி சாய்க்கப்பட்டுள்ளது. தற்போது பலகைகள், நெம்பிகள், பிடிப்பான் முதலானவை நிலைத்தரக் குறிப்புகளின்படியே செய்யப் படுகின்றன. விளைவாக, தகுதி குறைந்த கனப்பொருட்களால் விளையும் உயிரிழப்புகள் குறைந்துள்ளன.

நிலத்தடி வடங்களில் பல்வேறு மின் அழுத்தங்களில் நேரிடும் மின் ஒட்ட அதிர்ச்சிகள் 60 சதம் நிகழ்ச்சிகளில் வடங்களின் முனைகளை வெறுங்கையால் தொடுவதாலோ, தரை இணைப்பற்ற வடங்களில் மின் காப்புத் தன்மை சிதைவுறுவதாலோ நேரிடுகிறது.

தோண்டும் பணி நடக்கும்போது வண்டிகள் காப்பற்றக் கம்பி வடங்கள் மேல் செல்வதாலோ, மாட்டிகளையும் பொருத்திகளையும் இணைப்பதற்கு வடங்கள் மேல் துளையிடுவதாலோ வடங்களின் மெகானிகல் சிதைவுகள் ஏற்படுகின்றன. வடங்களில் புறநிலைச் சிதைவு களின் காரணமாகப் பல சந்தர்ப்பங்களில் மனித உடலில் மின்சாரம் பாய்ந்தபோது வெறும் மின் அதிர்ச்சிகள் மட்டுமே ஏற்பட்டன. வேறு சந்தர்ப்பங்களில் இச்சிதைவு நேரிட்டபொழுது மனித உடலின் வழியே மின் சுழற்சி ஏற்பட்டதால் உயிரிழப்புக்கள் விளைந்தன. இப்போது நாம் "விழிப்புக் காரணி"க்கு வருகிறோம் (தான் செய்யும் வேலையிலுள்ள அபாயங்கள் பால் ஒரு மனிதன் கவனத்தோடு இருத்தல்). இந்தக் காரணி 5-4 பத்தியில் விரிவாக விவாதிக்கப்படும்.

சுவர்களிலும் மாடிகளின் சந்திப்பிலும் இருந்த கம்பிகளின் மின் கடத்தாத்தன்மையின் குறைவு காரணமாக மின்சாரம் பாய நேரிட்ட சுவர்களையும் தரையினையும் தொட நேர்ந்ததால் பதினைந்து விபத்துக் கள் நிகழ்ந்தன. இத்தகைய விபத்துக்கள் வீடு மற்றும் மருத்துவக் கூடங்களில் கம்பி இணைப்புக்கள் எபொனைட் (ebonite) குழாய்களால் மறைக்கப்பட்டிருத்தலால் அதிகம் நிகழ்கின்றன.

மின் வழங்கு மூலங்களில் ஏற்படும் விபத்துக்களின் காரணங்களைக் கீழ்க்காணும் ஆராய்ச்சி காட்டுகிறது.

(1) அடிப்படை பாதுகாப்பு விதிகளை மீறுதல்.

(2) வெளிப்புறத்திலும் ஈரம் அதிகமுள்ள இடங்களிலும் கம்பிகள், பகுதிப் பொருட்கள் (குழிப்பான், புஷிங் (bushing) காப்புப்பொருள்,

பலகைகள் போன்றன) ஆகியவற்றை அந்நிலைகளுக்கு ஏற்றனவா யில்லாவிடினும் பயன்படுத்தல்.

(3) துவக்கிகள், பாதுகாப்பு சாதனங்கள், நொதுமிகள் ஆகிய வற்றின் நில இணைப்புகள் மேல் சரியான மேற்பார்வை இல்லாமை.

(4) மின் வழங்கு மூலங்களின் துவக்க-பாதுகாப்பு சாதனங்களின் பால் தவிர்ப்பு பராமரிப்பு போதுமான அளவு மேற்கொள்ளாமை. 127 வோ கீழுள்ள அழுத்தத்தின் உண்மை அபாயங்களைப் புறக்கணித் தல்.

மின்மாற்றிகளும் மின் வழங்கு உபாயங்களும்

சக்தி மின்மாற்றிகளில் நிகழும் விபத்துக்கள் அசாதரணமானவை. இந்த விபத்துக்களை நிகழும் சந்தர்ப்பங்களோடு ஒப்பிட்டால் 60 சதவீதம் விபத்துக்கள் மின்மாற்றிகள் பழுதுபார்க்கும்போது மின் காப்புப் பொருட்களைச் சுத்தம் செய்யும்போது நிகழ்ந்திருக்கின்றன, 28 சதவீதம் மின்மாற்றிகளை இணைக்கும்போதும் துண்டிக்கும்போதும் நிகழ்ந்தன. 12 சதவீதம் வேறு விதங்களில் நிகழ்ந்துள்ளன. 74 சதவீதம் விபத்துக்கள் மின்மாற்றியின் உயர் அழுத்தப் பகுதியிலேயே நேர்ந்துள்ளன.

மின் வழங்கு உபாயங்களைப் பொருத்த வரையில் சாதனம் இயக்கத் தில் இருந்தபோது மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளைத் தீண்டியதால் 51.3 சதவீதம் விபத்துக்கள் ஏற்பட்டன. சாதனங்களின் பகுதிகளைச் சேர்க்கும் போதும் பழுது பார்க்கும்போதும் மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளைத் தீண்டுவதால் 31.7 சதவீதம் விபத்துக்களும் வேறு காரணங்களால் 17 சதவீதமும் நிகழ்ந்தன.

மின் வழங்கு கருவிகளில் நிகழ்ந்த மொத்த மின் விபத்துக்களில் 62.8 மின்மாற்றி மூல துணைநிலையங்களிலும் 15.4 சதவீதம் எண்ணெய் திறப்பான்களிலும் 18.2 சதவீதம் துண்டிக்கும் முறைகளாலும் நிகழ்ந்தன. 1,000 வோ க்கு மேல் உள்ள மின் வழங்கு உபாயங்களில் நிகழ்ந்த விபத்துக் களில் 94.3 சதவீதம் மின் பணியாளர்களுக்கே நிகழ்ந்துள்ளது.

சிதைந்த மின் காப்புப்பொருள் கொண்ட தரை இணைப்பற்ற மின்மாற்றியின் மேலுறையைத் தொட்டதால் ஓர் விபத்து நிகழ்ந்தது. 68.1 சதவீத விபத்துக்களில் தீவிர விளைவு மின்னோட்டம் உடலில் பாய்ந்தவுடன் அல்லாது பிற்காலத்தில் ஒளி பொறிகளால் நேரிட்ட தீவிரமான எரிபுண்களால் நேரிட்டது.

சக்தி மின்மாற்றிகளிலும் மின் வழங்கு கருவிகளிலும் நிகழ்ந்த விபத்துக்களின் ஆய்வு இப்படிப்பட்ட சாதனங்களோடு தொடர்புள்ள மின் காயங்கள் குறைவானவை என்பதை உணர்த்துகிறது. உண்மை யிலேயே, சரியற்ற பணியமைப்புக்களே இவற்றின் பொதுக்காரணம். ஆகவே அமைப்புக்களை ஒழுங்குபடுத்தல் மிக அவசியம்.

மின் ஓட்டுப் பொறிகள்: விபத்துக்களில் அதிக சதவீதம் (மொத்த எண்ணிக்கையில் 22.2 சதவீதம்) மின் ஓட்டு பொறிகள் பராமரிப்பில் நிகழ்வது. தொழிலியல் மின் பயனீட்டாளர்களின் முக்கியமான வகையான மின் ஓட்டிப் பொறிகளில் மற்ற சாதனங்களில் ஏற்படும்

விபத்துக்களைவிட அதிகமில்லை என்று கூறலாம். மின் ஓட்டுப் பொறிகளில் நிகழும் விபத்துக்களில் 1,000 வோ கீழ் இயங்கும் பொறிகளில் 86 சதவீதம் நிகழ்கின்றன.

சிறு மின் ஓட்டுப் பொறிகளில் மின் காப்புத்தன்மை போதுமானதாக இல்லை. மின் ஓட்டுப் பொறிகளின் இணை கம்பிகளைத் தொட்டதில் எட்டு உயிரிழப்பு விபத்துக்கள் நேரிட்டன. இறுதி முனைப்பெட்டிகள் இல்லாமல் அதிக அளவு சிறு மின் ஓட்டுப் பொறிகள் கோத்திணைப்பிற்கு அனுப்பப்படுவது இவற்றின் காரணம். வீட்டில் செய்யப்பட்ட பெட்டிகளைப் பயன்படுத்தலும் பெட்டிகள் இல்லாது இணைத்தலும் சந்திப்பு முனைகளில் மின் காப்புத் திறனைக் குறைக்கின்றன.

மின்சாரம் பாயும் பாகங்களுக்கும் நில இணைப்பற்ற இறுதி முனைப்பெட்டிகளின் மூடிகளுக்கும் தற்செயலாக நிகழ்ந்த தொடர்பால் எட்டு உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகள் நேர்ந்தன. இறுதி முனைப் பெட்டிக்கும் எந்திரம் அமரிடத்திற்கும் இடையே ஒரு மின் கடத்தா விலக்கி வைக்கப்படும். ஆகவே மின் இறுதிப் பெட்டி நில இணைப்பு பெற்றாலும் மின் குறுக்குச் சுழற்சிப்பாதை அமைவதில்லை. அதனால் தான் இறுதி முனைப்பெட்டியின் உலோக மூடி மின்சாரம் பாயப் பெற்றுச் சிலகாலம் இருக்கக்கூடும். இது யாருக்கும் தெரியாமலும் இருக்கலாம்.

மேற்கண்ட இரு காரணங்களும் மிக ஆபத்தானவை. ஏனெனில் தடுப்புச் சோதனைகளின் நடவடிக்கைகளால் அவற்றைக் கண்டுபிடிக்க இயலாது. இத்தகைய விபத்துக்களைத் தவிர்க்க மின் ஓட்டுப் பொறிகள் இணைப்புக் கம்பிகள், இறுதி முனை பெட்டிகள் ஆகியவற்றின் வடிவமைப்பு மாற்றப் பட வேண்டும். அதைத்தவிர மின் காப்புப் பொருட்களால் செய்யப்பட்ட இறுதி முனைப்பெட்டிகளையே பயன் படுத்த வேண்டும்.

மின் ஓட்டுப் பொறிகளின் நில இணைப்பற்ற சட்டகங்களைத் தீண்டுவதால் ஏற்படும் விபத்துக்கள் கட்டுமான, பழுதுபார்க்கும் பணிகளுக்காக வெளிப்புற மின் வழங்கு மூலங்களின் மூலமாக இயங்கும் மின் ஓட்டுப் பொறிகளில் நிகழ்கின்றன. விவசாயப் பகுதிகளிலும் குறிப்பாகக் கால்நடை வளர்ப்பு துறைகளிலும் இத்தகைய விபத்துக்கள் அடிக்கடி நிகழ்கின்றன. ஓட்டுப் பொறியின் வலை கம்பிகளிலும் துவக்கக் கட்டுப்பாட்டுக் கருவியிலும் அழுக்கும் தூசியும் படர்ந்ததால் மூன்று விபத்துக்கள் நிகழ்ந்தன. தூசியும் அழுக்கும் உள்ள இடங்களில் பயன்படுத்தும் அளவிற்கு இந்த மின் ஓட்டுப் பொறிகள் மூடப்படவில்லை.

இன்றைய மின் ஓட்டுப் பொறிகளில் துவக்கக் கட்டுப்பாட்டுச் சாதனங்கள் ஒரே விதிமுறைக்கு உட்பட்டில்லாமையால் ஒரு கைதேர்ந்த மின் வல்லுநருக்கு வலுவான விபத்து நேர்ந்தது. சில சாதனங்களில் இவை பார்வையிடலுக்கும் பழுது பார்த்தலுக்கும் எளிதானவை. சிலவற்றில் எட்டாதவை. ஒரு குறிப்பிட்ட ஏற்பாட்டில் மின்சாரம்

பாயும் பகுதிகளோடு பழகிய மின் பணியாளர் புது வகை மின் பொறியில் எரியிழைகளை மாற்றும்போது மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளைத் தொட நேர்ந்தது. மின் அதிர்ச்சியைப் பெற்றுக் கையை வெளியே இழுத்தபோதிலும் அவர் கையிலுள்ள கருவி மின்சாரமுள்ள பகுதிகள் மேல் பட்டதனால் வலுவான எரிபுண்கள் ஏற்பட்டது. வீடுகளில் உபயோகப்படுத்துவதற்கு உற்பத்திசெய்யப்பட்ட புதுமையான எந்திரக்கருவிகள் கூட, பாதுகாப்பு, துவக்கக் கட்டுப்பாடு சாதனங்களில் விதிமுறையான ஏற்பாடு கொண்டிருப்பதில்லை. அத்தகைய ஒத்த தன்மை உடனடித் தேவையாகும்.

துவக்கிகளின் மின் காப்புத்தன்மை தற்போது மேம்படுத்தப்பட்டுள்ளதால் மின் காப்புப் பொருட்களின் பழுதுகளால் ஏற்படும் விபத்துக்கள் தற்போது குறைந்துள்ளன என்று மகிழ்ச்சியோடு ஒப்புக்கொள்ளலாம்.

மின் ஓட்டுப் பொறியோடு தொடர்புள்ள விபத்துக்களை ஆராயும்போது அதன் துணை சாதனங்களின் சரியற்ற நிலையால் அவை அடிக்கடி நிகழ்கின்றன என வலியுறுத்த வேண்டும். ஈரமான, தூசியுள்ள சுற்றுப்புறத்திலும் வெளிப்புறத்திலும் வேதியல் தொழிலின் சூழலின் விளைவுகளைத் தாங்கும் வகையிலும் பயன்படுத்தக்கூடிய சாதனங்கள் கொண்ட வடிவமைப்புள்ள மின் ஓட்டு எந்திரங்கள் இன்னும் அரிதாகவே இருக்கின்றன. மின் ஓட்டுப் பொறிகளுக்கான ஒரே முறையான பாதுகாப்பு விதிகள் நிர்ணயிக்கப்படவில்லை. மின் ஓட்டுப் பொறியின் நில இணைப்பின் பேரிலும் நொதுமிக் கம்பியின் இணைப்பின் பேரிலும் செய்யப்படும் மேற்பார்வை போதுமானதாக இல்லை.

மின் பற்றுவைப்புச் சாதனங்கள்: மின் பற்றுவைப்புச் சாதனங்களில் நிகழும் விபத்துக்கள், மின் ஓட்டுப் பொறிகள், அவைபோன்ற மற்ற சாதனங்களில் நிகழும் விபத்துக்களைவிட மிக அதிகம். மின் பற்றுவைப்பர்கள் மட்டும் பற்றுவைப்புச் சாதனங்களில் நிகழும் விபத்துக்களில் 42.3 சதவீதத்திற்கு ஆளானவர்கள். மீதி 57.7 சதவீதத்தின் உட்பிரிவுகள் கீழ்க்காணுமாறு:

தொழில்	சதவீதம்
மின் பொருத்தல்	8.4
உலோகத் தொழில்கள்	22.1
கற்காரை அமைத்தல் துளை யிடுதல் இன்னபிற	27.2

இத்தகைய வகைபாடு 65 வோ கீழுள்ள மின் அழுத்த அபாயங்களைப் புறக்கணிப்பதைத் தெளிவுபடுத்துகிறது. விபத்துக்களின் பெரும்பான்மையான காரணம் பற்றுவைப்புக் கம்பிகளின் மின் காப்புத்தன்மையின் குறைபாடும் திறனற்ற பணியாளர்களை அனுமதித்தலுமேயாகும். ஒரு ரொட்டி உற்பத்திசாலையின் தலைமைப் பொறிப் பணியாளர், பழுதுபட்ட மின் காப்பிட்ட மின்வாயால் மின் பற்றுவைக்கத் தொடங்கிய போதும் ஒரு கணக்கரும் இயக்கரும் பள்ளி மாணவர்களும் பாதிக்கப்பட்டவர்கள் ஆவார்கள்.

இந்த விபத்துக்கள் நிகழ்ந்த சந்தர்ப்பங்கள் யாவை?

இந்த நிகழ்ச்சிகளில் 58 சதவீதம் மின் வாயின் காப்பிடப்படாத பகுதியைத் தீண்டியதால் நேரிட்டன. 19.9 சதவீதம் மின் அழுத்தத்தை விலக்காமல் மின் பற்றுவைப்பு சாதனத்தில் இணைப்பு, துண்டிப்பு, பழுதுபார்த்தல் போன்றவற்றைச் செய்தமையால் நிகழ்ந்தது. 9 சதவீதம் மின் காப்புக்களின் பழுது இருந்தபோது நில இணைப்பு இல்லாமையாலும் ஏற்பட்டது. 8.3 சதவீதம் மின் கடத்தாப்பொருள் பழுதுபட்ட இணைப்பு கம்பியைத் தீண்டியதாலும் 4.8 சதவீதம் வேறு காரணங்களாலும் நேரிட்டது.

அயல்நாட்டு வெளியீடுகளும் மின் பற்றுவைப்பு சாதனங்களில் அதிக அளவு மின் காயங்கள் ஏற்பட்டதைக் குறிப்பிடுகின்றன.

வி. ஃபிலிப்போவும் ஜி. கோர்டானும் மூன்றுண்டுகளில் நிகழ்ந்த 52 மின் காயங்களின் காரணம் மின் முனைப்பிடிப்பானின் சரியற்ற வடிவமைப்பும் சுற்றதரின் திறப்புநிலை அழுத்தத்தைத் துண்டிக்கச் சரியான தானியங்கு முறைகள் இல்லாமையுமே என்று கூறுகிறுர்கள்.

மின் பற்றவைப்புச் சாதனங்களைப் பொருத்தவரையில் தொழில் காயப்பாடு கீழ்க்காணுமாறு குறைக்கப்படலாம். மின்சாரம் பாயும் பகுதிகள் மூடப்பட்ட மின் பற்றுவைப்புக் கருவிகள், நெளிவுத் தன்மையுடைய, போதுமான குறுக்களவுள்ள நன்கு காப்பிடப்பட்ட கம்பிகள் பொருத்தப்பெற்ற கையில் எடுத்துச் செல்லக்கூடிய மின் பற்றுவைப்பு சாதனங்கள் உற்பத்தி செய்யப்பட வேண்டும். பாதுகாப்பான மின் முனைப் பிடிப்பான்களையும், சுற்றதரின் திறப்புநிலை மின் அழுத்தத்தையும் துண்டிக்கத் தானியங்கு வசதிகளும் பரவலாகப் பயன்படுத்தபட வேண்டும்.

மின் பற்றவைப்புச் சாதனங்களைச் சோதனை செய்வதின் முறைகளும் பெரு நோக்கும் தீவிரமாக மாற்றப்பட வேண்டும். இங்கு முக்கியமானது மின் பற்றவைப்புச் சாதனங்கள் (வேறு எடுத்துச் செல்லப்படும் சாதனங்கள் போல்) இணைப்புக் கம்பிகள், மின்வாய் பிடிப்பான்களோடு சேர்த்துச் சோதிக்கப்பட வேண்டும்.

உ. அ. அமைப்புகள்: 1964 ஆம் ஆண்டு உள்ளிட்ட கால கட்டத்தில் ஆசிரியர் செய்த மதிப்பீடுகளின்படி ஒரு மின் ஒட்டுப் பொறியில் நிகழும் விபத்துப்போல் 120 பங்கு ஒரு உ. அ. மின் அமைப்பில் நிகழ்கிறது. 42 சதவீத நிகழ்ச்சிகளில் மின் அழுத்தம் இருக்கும்போதே

மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தொடுவதால் விபத்துக்கள் நேரிட்டன. பிணைப்பியக்க ஏற்பாடுகள் இயங்கத் தவறியதால் இவை நேரிட்டன. 25 சதவிகித நிகழ்ச்சிகளில் பாதிக்கப்பட்டோரே விபத்துக்குக் காரணமாவார். வி. ஃபிலிப்போவ் மற்றும் ஜி. கோர்டானின் கூற்றுப்படி 1964-66ல் பிணைப்பியக்கக் கோளாறுகளால் நிகழ்ந்த விபத்துக்கள் 70.1 சதவீதம். 13.3 சதவீத விபத்துக்கள் மின் அழுத்தமுள்ள, மின் ஆக்கப் பொறிகள் பழுது பார்க்கப்படும்போது நேர்ந்தவை. 11.2 சதவீதம் உடைந்த அல்லது இழந்த நில இணைப்புகள் மூலமும் (தொடக்கூடிய பகுதிகளில் மின் அழுத்தம் இருந்தபோது); 4.5 சதவீதம் மின்சாரம் நிறைந்த கொண்மிகளைத் தொட்டபோதும் நிகழ்ந்தன. சில உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்கள் உ. வி. மருத்துவ மின்னணுவியல் சாதனங்களில் நிகழ்ந்தன. எல்லா நிகழ்ச்சிகளிலும் பாதிக்கப்பட்டோர் சாதனங்களில் பல்லாண்டுகளாக வேலைபார்க்கும் வல்லுநர்கள்.

உ.அ. மின் அமைப்புகளில் அதிக மின் காயங்கள் ஏற்படுவதின் காரணம் வடிவமைப்பில் உள்ள குறைகளும் சரியற்றப் பராமரிப்புமாம். நம்பகமற்ற, மின் ஆக்கப் பொறி அறையின் பிணைப்பியக்கம் மின்சாரம் பாயும் இடங்களைத் தீண்டுவதற்கு ஏதுவாகி பல உயிரிழப்புக்களை ஏற்படுத்திருயிக்கிறது.

உ.அ. மற்றும் பே.உ.அ. மின்னோட்டத்தைப் பயன்படுத்தல் நவீன மின் நுண்ணியலின் தனிப்பட்ட அம்சம். இத்தகைய மின்னோட்டங்களுள்ள அமைப்புகள் அதிகரிக்கவே செய்யும். பல்வேறு மின் அழுத்தங்களுக்கும் பல்வகை மின் ஓட்டங்களுக்கும் வடிவமைக்கப்பட்ட சாதனங்கள் அதிக அளவில் நிறுவப்படும். இத்தகைய சாதனங்கள் மின்னியல் பணியாளர்களால் அன்றி ஆக்கப் பணியாளர்களாலேயே கையாளப்படும். இவையெல்லாம் சேர்ந்து உ.அ. அதையொத்த சாதனங்களில் பொருத்தப்படும் பொருட்களின் அதிகப்படியான நம்பகத் தன்மையையும் வடிவமைப்பில் மேம்பாட்டையும் அதி முக்கியமாக்குகின்றன. அத்தோடு தவிர்ப்பு சோதனைகளையும் பழுதுபார்த்தலையும் மேம்படுத்தும் பிரசினைகளும் தீர்க்கப்பட வேண்டும்.

தூக்கிகளும் கொண்டு செல் சாதனங்களும்

இந்த எந்திரங்கள் முக்கியமாகப் பொருள் தூக்கிகளும் ஆள் உயர்த்திகளும் அதிக விபத்துக்கள் நிகழும் சாதனங்களாம். இந்த எந்திரங்களில் ஏற்படும் மின் விபத்துக்களில் 54.5 சதவீதம் தூக்கியின் முனை மின்சாரம் பாயும் கம்பியைத் தீண்டும்போது நிகழ்ந்தன. 29.2 சதவீதம் மூடாத மின் கடத்தும் பகுதிகளைத் தீண்டுதலாலும் (நேர் செய்யும்போதும் பழுதுபார்க்கும்போதும்) 9 சதவீதம் டிராலி கம்பிகள் மின்சாரம் பெற்றிருந்தபோதும் மின் வழங்கு பலகைகள் பாதுகாப்பற்றிருந்தபோதும் தூக்கியின் கூடத்தை அணுகும்போது நேரிட்டன.

பாதிக்கப்பட்டோரின் தொழில்கள் வருமாறு. தூக்கிப் பணியாளர் — 19.2 சதவீதம், மின் பணியாளர் — 9.8 சதவீதம், வேறு பணியாளர்கள் (பொருத்துநர், சுமை தூக்குவோர்...) 71 சதவீதம்.

எடுத்துச் செல்லக்கூடிய கருவிகள் (அல்லது போக்குவரத்துக் கேற்ற கருவிகள்).

இத்தகைய கருவிகளில் அதிக அளவு விபத்துக்கள் நிகழ்கின்றன. இந்த விபத்துக்களைப் புலனுயும்போது இரண்டு அடிப்படைக் காரணங்கள் நம் கவனத்தைக் கவருகின்றன. ஒன்று மின் காப்பின் சரியற்ற நம்பகத்தன்மை. துரதிர்ஷ்டவசமாக, வலுவுள்ள தரமான ஃப்ளோரோ பிளாஸ்டிக் (fluoro plastic) போன்ற காப்பு பொருட்களின் விலை அதிகம் மேலும் கிடைப்பதும் அரிது. தேவையான காப்புப் பொருள் ஃப்ளோரோபிளாஸ்டிக்கின் தன்மையைக் கொண்டதாகவும் விலை மலிவாகவும் எங்கும் பயன்படுவதாகவும் அமைய வேண்டும். இரண்டாம் காரணம் சரியற்ற நில இணைப்பு முறையாகும். இதற்குக் காரணம் போதுமான அளவு வலுவுள்ள அதிகக் காப்புத்தன்மை படைத்த, நெளியும் தன்மை கொண்ட கம்பி வடங்கள் இல்லாமையே. எடுத்துச்செல்லக்கூடிய கருவிகளுக்குத் தற்போது இணைக்கப் பயன் படுத்தும் கம்பிகள் சற்றும் பொருத்தமற்றவை. இவற்றின் மின்காப் பிடல் விரைவில் பழுதுபடுகிறது. பழுது பார்க்கும்போது இவை மாற்றப்படுவதில்லை. விளைவாகத் தற்செயலான தீண்டுதல் உயிரிழப் பினை விளைவிக்கிறது. 36 வோ அழுத்தத்திலும் இது நிகழ்கிறது.

தொழில் மின் விபத்துக்களைக் குறைக்கக் கீழ்க்காணும் வழி முறைகள் பின்பற்றப்படவேண்டும். போதுமான கடினப் பொருட்கள், சாதனங்கள், குறிப்பிட்ட வகையான சாதனங்களுக்காக வடிவமைக்கப் படும் வடங்கள் உற்பத்தி செய்யப்பட வேண்டும். விபத்துக்களைத் தவிர்ப்பதற்காக ஒழுங்காகப் பழுதுபார்த்தல் செய்யப்பட வேண்டும். மின் சாதனங்களைக் கையாளுவோருக்கு விரிவான, அறிவுரைகள் கூறப்பட வேண்டும். கடைசியாக நவீன காப்புப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தி வடிவமைப்பை மேம்படுத்த வேண்டும்.

மின் ஒளி அமைப்புக்கள்.

கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் விபத்தின் சந்தர்ப்பங்களையும் சதவீதத்தையும் விளக்குகின்றன.

விபத்துச் சந்தர்ப்பங்கள்	சதவீதம்
கடத்தும் பொருளால் பாதிக்கப்பட்ட விளக்கின் அடிப்பாகத் தையோ, கண்ணுடியையோ தொடுதல்	36.4
தவருன செயலால் மின்சாரம் பாயப் பெற்ற உலோகப் பிடிப் பானைத் தொடுதல்	13.3

கடத்தாப் பொருளின் பழுதால் மின்சாரம் பாயும் ஒளிப்பிடியமைப்பு, பொருத்த பொருள், கம்பி, மூடு கம்பிக் குழாய்கள் இவற்றைத் தீண்டுதல்	14.4
மின்சாரமுள்ள விளக்கு மூலங்களேயும் பிடியமைப்புகளேயும் பழுதுபார்த்தல், மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளேத் தீண்டுதல்	10.8
உரிக்கபட்ட, மூடாத கம்பியைத் தீண்டுதல்	10.8
காப்புப் பொருளின் பழுதால் மின்சாரம் பாயும் சுவர், தரை, ஏணி போன்றவற்றைத் தீண்டுதல்	8.0
காப்புப் பொருளின் பழுதுள்ள பாதுகாப்பு மின்மாற்றி (220, 380 வோ)யின் சட்டகத்தைத் தொடுதல்	1.5
மற்றவை	4.8
மொத்தம் :	100.0

விளக்குகளே மாற்றும்போதே இவ்வமைப்புக்களில் நிகழ்ந்த விபத்துக்களில் 54 சதவீதம் நிகழ்ந்தது. விளக்குகளே யார் வேண்டுமானுலும் மாற்றுகிருர்கள். சிறுவர்கள் கூட இதைச் செய்கிருர்கள்.

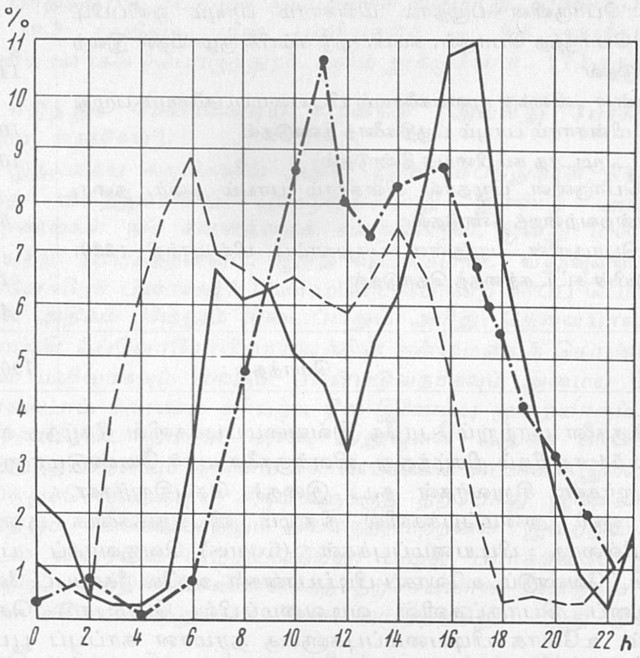
மின் ஒளி அமைப்புக்களில் நிகழும் விபத்துக்களேக் குறைக்க உலோகமில்லாத பிடியமைப்புக்கள் (fixtures) வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். உலோகப் பிடிப்பான்கள் அறவே நீக்கப்பட வேண்டும். கடினப் பொருட்களின் வடிவமைப்பில் மேம்பாடு செய்ய வேண்டும். உலோக பிடியமைப்புகளுக்கு தரமான காப்புப் பூடச்சு கொடுக்க வேண்டும். தவிர்ப்புப் பராமரிப்புச் சோதனேகளே மேற்கொள்ள வேண்டும். சொற்பொழிவுகள் போன்றவற்றின் மூலம் வீட்டில் அபாயமற்று மின் ஒளியமைப்புகளேக் கையாள வேண்டியதை உயர்த்த வேண்டும்.

3-4. நிகழும் நேரத்தையொட்டி மின் விபத்துக்களே வகைப்படுத்தல்

மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கையில் தொழில்களேப் பின் பாதிப்பும் அவற்றின் தீவிரமும் படம் 3-1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு நாளின் காலத்தையொட்டியும் விபத்துக்கள் இயன்ற அளவு காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன. துரதிர்ஷ்ட வசமாக வளேகோடுகளே வரை தற்கு விவரங்கள் போதுமானதாக இல்லே. ஏனென்ருல் பல விபத் தறிக்கைகளில் நேரம் குறிப்பிடப்படுவதில்லே.

மின் அழுத்தத்தைப் பொருத்து (1,000 வோ மேலோ, கீழோ) மின் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை (நிகழும் நேரத்தை ஒட்டி வகைபாடு செய்யப்பட்டது) மாறுகிறது என்று வரைபடம் விளக்குகிறது.

1,000 வோ கீழுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் அமைப்புக்களில் நிகழும் விபத்துக்களின் மணிவாரி விபரம் மின்சாரம் பயனுறும்



படம். 3-1. மின் விபத்துக்களை ஒரு நாளின் காலங்களுக்கேற்ப வகைப்படுத்தல்

1,000 வோ கீழுள்ள மின் அமைப்புக்கள்; 1,000 வோ மேலுள்ள மின் அமைப்புக்கள்; அழுத்தத்தைக் கணக்கிலெடுக்காத நேரத்தின் வகைபாடு (45)

அட்டவணையை ஒட்டி அமைகிறது. விபத்து வளைவு இரவு, பகல், நள்ளிரவு நேரங்களில் மின் நுகர்ச்சி வளைவு போன்றே இறக்கங்களைப் பெற்றுள்ளது. ஒரு நாளின் பல்வேறு நேரங்களில் நிகழும் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை முதலாவதாக அப்போது மின் சாதனங்களில் பணி செய்வோரின் எண்ணிக்கையையும் துண்டிப்புகளையும் (காலை உச்சி) பொருத்தது. மத்திய உணவு இடைவேளைக்கு முன் நிகழும் அதிக அளவு விபத்துக்களும், முறை முடிதற்கு முன் நிகழ்பவையும் தொழில் களைப்பால் அதிகரிப்பதை உணர்த்துகின்றன. கவனமின்மையும் மனித உடலின் குறைந்த எதிர்ப்புத் திறனும் இந்நேரங்களில் ஏற்படும்).

1,000 வோ மேலுள்ள மின் அமைப்புக்களில் காலத்தையொட்டி மின் விபத்துக்களை வகைபாடு செய்தல் மாறுபட்டதாகும். விபத்து வளைவு மின் நுகர்ச்சியை ஒட்டி அமைவதில்லை. உ.அ. அமைப்புக்கள் பராமரிப்புப் பணியாளர்களால் நாள் முழுதும் கவனிக்கப்படுவதும்

ஒரு காரணமாகும். இங்கு விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை செய்யப்படும் இணைப்புக்களால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. 1,000 வோ மேற்பட்ட அமைப்புக்களைக் கையாளுவோரின் வழக்கமான செயலே இந்த இணைப்புகளும் துண்டிப்புக்களும்தான். அதிக அளவு இணைப்புக்கள் ஏற்படுத்த வேண்டிய நேரத்திலே இயக்கும் பணியாளர்கள் மிகுந்த விழிப்போடு இருக்கிறார்கள். அதே நேரத்தில் 1,000 வோ கீழுள்ள அமைப்புக்களைப் பராமரிப்போரின் முக்கிய வேலை தொழில் நுட்ப சாதனங்களில் வேலை செய்வதே. இந்த நேரத்தில் அந்தப் பணியாளரின் கவனம் மின் தொடர்களைத் துண்டித்தல் இணைத்தல் தவிர வேறு விஷயங்களில் திரும்பியுள்ளது. முறை நேர முடிவில் ஏற்படும் குறைந்த விழிப்புணர்ச்சி 1,000 வோ மேலுள்ள அமைப்புகளை இயக்கும்போது ஏற்படும் விபத்துக்களின் எண்ணிக்கையை நிர்ணயிக்கிறது.

கோடும் புள்ளியும் சேர்ந்த வளைகோடு (3-1) வி. ஃபிலிப்போவும் ஜி. கோர்டானும் கண்டபடி ஒரு நாளின் காலங்களில் மின் விபத்துக்களின் வகைபாட்டைக் காட்டுகிறது. இங்கு மின் அழுத்தங்கள் வேறுபடுத்தப்படவில்லை. பொதுவான அம்சம் இரவு நேரங்களில் விபத்துக்கள் குறைதலும் பகற்பொழுதில் இரண்டு உச்சிகள் இருத்தலும் அந்த இரண்டு ஆசிரியர்களும் வரைந்த வளைகோடுகள், எதிர்பார்த்தபடியே இந்த நூலாசிரியர் 1,000 வோ கீழுள்ளவற்றில் நிகழும் விபத்துக்களுக்கு வரைந்த வளைகோட்டை ஒத்திருக்கிறது. ஒரே முக்கியமான வேறுபாடு இரண்டு பகல் உச்சிகளின் எண் மதிப்பில் காணப்படுகிறது. இரண்டு ஆசிரியர்களும் வரைந்த வளைகோட்டில் முதல் முறை நேர உச்சி அதிகமாகவும் இரண்டாம் முறை நேர உச்சி குறைவாகவும் இருக்கிறது. இந்த வேறுபாட்டின் காரணம் வேளை முறைகள் சுழற்றப்படும் காரணம் (இது இந்நாட்டில் தற்போது குறைந்துள்ளது) மற்றும் விவசாய அமைப்புகளில் முற்பகலிலேயே அதிகமாய் ஏற்படும் மின் விபத்துக்கள் அதிகரிப்பதும் தான்.

ஒரேமுறை நேரத்திற்குள் விபத்துக்கள் முறையின்றி நிகழ்வது மனித உடல் மேல் மின்சாரம் பாய்வதில் ஏற்படுவதற்கு மனிதனின் உள-உடல் நிலைகளின் பெரும் பங்கைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது (முக்கியமாக விபத்து அறிவுரைகளையும் முறைகளையும் கடைப்பிடிக்காமையால் நிகழும்போது). இங்கு களைப்பின் விளைவாக மறதியை மட்டும் நாம் குறிப்பிடவில்லை. ஒரு மனிதனின் கவனமும் விழிப்புணர்ச்சியும் பாதுகாப்பு மறிவினைகளை (reflex) ஏற்படுத்தும் எனும் உண்மை மிக முக்கியமானது (5-4 பத்தியில் விளக்கப்படும்). பல தரப்பட்ட மின் அழுத்தங்கள் மின் ஓட்டங்களில் நிகழும் பல்வேறு விபத்துக்களிலிருந்து இது புலனாகிறது. ஒரே தரப்பட்ட மின் அழுத்தம் ஒருவரது உயிரைப் பறித்து மற்றொருவருக்கு மின் அதிர்ச்சி மட்டும் விளைக்கும். விளைவுகளின் தீவிரத்தை நிர்ணயிப்பதில் நரம்பு மண்டலத்

தின் பங்கினை சாதாரண ஆய்வே விளக்கும். அதில் துவங்கி, மின் விபத்துக்கள் புலனுய்வு செய்யப்பட்டபோது விழிப்புணர்ச்சியின் பங்கும் முக்கியத்துவமும் கவனத்தோடு ஆயப்பட்டன. விபத்துக்களின் சந்தர்ப்பங்களைக் கருதும்போது பாதிக்கப்பட்டோரின் கவனம் வேறு பக்கம் இருக்கும்போது மின்சாரம் கடத்தும் பகுதிகளைத் தொட்டதால் 84 சதவீதம் விபத்துக்கள் நிகழ்ந்துள்ளன. 16 சதவீதங்களில் விழிப் புணர்ச்சியிருந்தும் இறப்பு நேரிட்டது.

1,000 வோ கீழுள்ள மின் வழங்கு மூலங்களில் அபாயத்தின்பால் விழிப்போடு இருந்தால் உயிரிழப்புக்கள் அரிது. அத்தகைய உயிரி ழப்பு நிகழ்ச்சிகள் பாதிக்கப்பட்டோர் நெடுநேரம் மின் சுற்றுவழி யிலிருந்ததாலே நேரிட்டன.

மின் காய விளைவுகளின் தீவிரத்தில் விழிப்புணர்ச்சியின் முக்கிய பங்கு இந்நாட்டிலும் வெளி நாடுகளிலும் வந்துள்ள வெளியீடுகளில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. ஆனுலும் அவையெதுவும் இந்தக் கருத்தினை விரிவாக விளக்கவில்லை.

இந்நூலாசிரியர் செய்த விபத்துக்களின் புலனுய்வுகள் மின் னேட்டத்தின் விளைவின் கடுமை உடல் உறுப்புக்களின் நிலையைப் பொருத்தது என்று அறிவிக்கின்றன. ஆகவே விழிப்புணர்ச்சிக் காரணி, விளைவுகளின் தீவிரத்தை நிர்ணயிப்பதில் முக்கியக் காரணமாக ஒப்புக் கொள்ளப்பட வேண்டும். ஆகவே அறிவியலான மேலாண்மையை ஆராய்பவருக்கும் பல்வேறு சாதனங்களை வடிவமைப்போருக்கும் இயக்குதல், பேணுதல் பணிகளுக்குப் பொறுப்பேற்போருக்கும் முக் கிய பிரசினைகள் எதிர்ப்படுகின்றன.

நான்காம் அத்தியாயம்

கருவிகள் கொண்டு மின் விபத்துக்களை ஆய்தல்

4-1. நுட்பம்

மின் விபத்துக்களை ஆய்ந்ததின் நெடு நாள் அனுபவம் அந்த நேரங்களிலே தயாரிக்கப்பட்ட நுட்ப ஆவணங்கள் எவ்வளவு அதிக மாயிருந்தாலும் அதிக அளவு முக்கிய காரணங்கள் வெளிக் கொணரப் படுவதில்லை என்று காட்டுகிறது. விபத்து விளைவிக்கும் அபாய மின் அழுத்தம், மின்னோட்டத்தின் தன்மை, அளவு, மனித உடலில் அது பாய்ந்த நேரம் ஆகிய விவரங்கள் இல்லாமையை எத்துணை வகை அறிக்கைகளிலிருந்து எடுத்தாலும் புள்ளி விவரங்கள் நிவர்த்தி செய்வதில்லை.

சரியான காட்சியைப் பெற விபத்தையொத்த நிலைமைகளில் கருவி கொண்டு அளந்த விவரங்கள் அறிக்கைகளுக்குத் துணை செய்யும். 2-3 பத்தியில் ஏற்கெனவே நாம் கூறியபடி மின்சார சுழற்சி மனித உடலோடு, தரை, காலணி, உடை இவற்றையும் கடக்கிறது. அவை மின்னோட்ட அலகினைக் குறைத்து மனிதனைப் பாதிக்கும் மின் அழுத்தத்தைக் குறைக்கின்றன. ஆகவே ஒரு மின் அமைப்பின் மின் அழுத்தத்திற்கும் காயம் விளைக்கும் மின் அழுத்தத்திற்கும் உள்ள உறவினைக் கணிப்பது அவசியமாகிறது. இந்தத் தொடர்பினை உணர்ந்தால் விபத்துத் தவிர்ப்பு நடவடிக்கை களைக் கணிக்கவும் மின் அதிர்ச்சி விளைவுகள் பற்றிய நமது அறிவைப் பெருக்கவும் இயலும். ஒரு விபத்து நேர்ந்த சந்தர்ப்பங்கள் பற்றிய பல பிரசினைகளுக்கு அமைப்பின் மின் அழுத்தத்திற்கும் காயம் விளைத்த மின் அழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு உட்பட, தீர்வு காணக் கருவிகளின் அளவீடு உதவுகிறது.

ஆசிரியரால் விரிவு செய்யப்பட்ட கருவி ஆய்வு முறையும் அவற்றின் மூலமாகப் பெற்ற விளைவுகளும் மதிப்புரை செய்யப்பட் டுள்ளன. வெளியான விவரங்களின் முக்கிய சாரத்தை இங்கு தருகிறோம்.

கருவி ஆய்வு எல்லாவித மின் விபத்துக்கள் பாலும் மேற்கொள்ளப் பட்டது. அவையாவன :

(1) உயிரிழப்பையோ, நாட்பட்ட இயலாமையையோ, தற்காலிக செயலிழப்பையோ விளைவிக்கும் விபத்துக்கள். இவை அறிவிக்கப் படுவன.

(2) செயலின்மை விளைக்காது ஆனுல் மருத்துவ உதவி தேவைப் படும் விபத்துக்கள். இவை அறிவிக்கப்பட்டால், தொழிற்சாலைகளின் மருத்துவ நிலையங்களிலும் பொது மருத்துவ மையங்களிலும் மட்டும் பதிவு செய்யப்படுகின்றன.

(3) மிகச் சாதாரண அதிர்ச்சிகள், செயலிழப்பை விளைப்பதில்லை; அறிவிக்கப்படுவதுமில்லை.

அறிவிக்கப்பட்ட விவரங்களைச் சேர்த்து வைத்தல் உயிரிழப் பையோ, நாட்பட்ட செயலிழப்பையோ விளைக்கும் மின் விபத்துக்கள் மிக முக்கியமானவை. நீதிமன்ற அலுவலர்களுக்கும் நுட்ப ஆய்வாளர் களுக்கும் வட்டார, மையத் தொழிற்சங்கக் குழுக்களுக்கும் தெரியப் படுத்த வேண்டியவை. சந்தர்ப்பங்களைக் குறித்து நிபுணர்கள் புலனுய்வு செய்வதால் விபத்து நிகழ்ந்தவுடனேயே விரிவான ஆய்வு செய்யப்பட இயலும்.

புலனுய்வில் பங்கு பெறும் எல்லா அலுவலர்களாலும் இத்தகைய விபத்துக்கள் பற்றி விரிவான அறிவிப்புக்கள் கொடுக்கப்பட்டன. ஒரு விபத்து எந்த இடத்திலும் எந்த நேரத்திலும் நடக்கக்கூடியது என்ற காரணத்தாலே சில சிரமங்கள் ஏற்பட்டன. முறையான புலனுய்விற்கு ஏற்பாடு செய்வதில் உள்ள இன்னுமொரு இடர்ப்பாடு மின் விபத்துக்களில் சிறப்பு ஆய்வுத் திறனுடைய நிபுணர்கள் இல்லாமை ஆனபோதிலும் பெரும்பான்மையான விபத்துக்களைக் குறித்த நேரத்தில் நாம் ஆராய முடிந்தது.

தற்காலிகச் செயலிழப்பை ஏற்படுத்தும் மின் விபத்துக்களைப் பொருத்தவரையில் தொழில் நுட்ப, தொழிற்சங்க ஆய்வகங்களில் இவை முறையாக அறிவிக்கப்பட்டுப் பதிவு செய்யப்படுவதில்லை. ''முதலுதவி'' நிலையங்களிலும் தொழில் மருந்தகங்களிலும் மையங் களிலும் மின் அதிர்ச்சியின் பின் விளைவுகள், லேசான எரிபுண்கள், ஒளியால் கண் பாதிப்பு போன்றவற்றைக் குணமாக்கலால் ஆழ்மை யான விவரங்கள் கிடைக்கக்கூடும். அத்தகைய புகார்கள் மின் விபத்துகளாகப் பதிவு செய்யப்படாவிட்டாலும் கூடத் தொழில் மருந்தகங்களின் விவரங்களிலிருந்தும் ''முதலுதவி'' அறிக்கைகளி லிருந்தும் இத்தகைய விபத்துக்கள் பற்றி எங்களால் அதிக விவரங்கள் பெற முடிந்தது. துரதிர்ஷ்ட வசமாக மூன்ருவது பிரிவைப் பொருத்த வரையில் விவரங்களைச் சேகரிப்பது மிக கடினம்; ஏனென்ருல் இவை புறக்கணிக்கப்படுகின்றன. வேண்டுமென்றே மறைக்கப்படு கின்றன. இந்த விபத்துக்களின் பெரு நோக்கையும் பின் விளைவுகளையும் விளக்குவதற்குச் சிறப்பான இரண்டாண்டு ஆய்வு நான்கு இயந்திர கட்டுமான உற்பத்தி நிலையங்களில் மேற்கொள்ளப்பட்டது. ஆய்வின் முறைகளும் முடிவுகளும் 4-4ல் விவரமாக விவாதிக்கப்படும்.

மின் விபத்துக்களின் விளைவுகள் பல்வேருக இருந்தாலும் மனித உடலின் மூலம் மின்சாரம் செல்லும் பாதை பொது விதிகளுக்குட் பட்டதே. அதனுல்தான் அதன் விளைவுகளைக் கணிப்பதற்குச் செய்யும்

முறை ஒருமுகப்படுத்தப்பட வேண்டும். துரதிர்ஷ்டவசமாக விபத்துக் களின் புலனாய்வு 70 ஆண்டுகளாக இடங்களையும் தனி நபர்களையும் பொருத்து மாறுபடுகிறது. புலனாய்விற்குப் பொதுப்படையான முறை களை விளக்க ஆசிரியர் செய்த முயற்சிகளும் விளைவுகளும் ஏற்கெனவே வெளியிடப்பட்டுள்ளன.

மையக் கருத்துக்கள் கீழ்வருமாறு :

(1) கண்டிப்பாக வரையறுக்கப்பட்ட முறையில் கிடைக்கும் முதல் விவரங்களின் அடிப்படையில் அறிக்கையளிக்கும் பொது முறை;

(2) அபாய நிலைகளின் மாதிரிகளை உருவாக்க ஒப்புக் கொள்ளப் பட்ட முறை;

(3) மனித உடலில் பாய்ந்த மின் பாதையின் அலகுகளை நிர்ணயிப்பதில் கருவி அளவீடுகளை விரிவாக மேற்கொள்ளுதல்.

முழுமையான கருவி ஆய்வு, தடுப்பு நடவடிக்கைகளை உருவாக்கு வதற்கு நல்ல மேம்பாடுகளைத் தருகிறது. ஆகவே புலனாய்வுகளின் செய்யத்தகு முறைகளையும் பின்னர் செய்யும் முடிவுகளையும் விளக்கு தற்கு அதிகமான நிகழ்ச்சிகளை விவரித்தல் சரியென நாம் கருதுகிறோம்.

புலனாய்வில் வெளியான தனிப்பட்ட அம்சங்களையும் ஆர்வம் விளைக்கும் புலனாய்வு முடிவுகளையும் கொண்டு தாழ் அழுத்தத்தில் நிகழ்ந்த மின் விபத்துக்கள் பற்றிய விவரங்களைக் கீழே தருகிறோம்.

4-2. 12-36 வோ அழுத்தங்களில் ஏற்படும் உயிர்க்கொல்லி விபத்துக்கள்

நிகழ்ச்சி 4-1. பிண விசாரணையாளர் அலுவலகம் 19 வயதுடைய ஒரு மனிதனின் சவம் மருத்துவ நிலையத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டதாக அறிவித்தது. விசாரணை அறிவிப்பு "தீண்டியவுடன் மரணம்" என்று கூறியது. பிரேத சோதனையுடன் புலன் ஆய்வு துவங்கியது. இடது கை கட்டை விரலுக்கருகில் உள் பக்கத்தில் சிறிய மின் குறி தெரியவந்தது. மின் குறிதான் ஒரே தடயம். பிரேத சோதனை நீல ரத்தத்தின் மிகுதியையும் எனவே ரத்தத்தில் கரியமில வாயுவின் மிகுதியைக் காட்டியது. மூச்சு நின்று போனதால் இறப்பு நேர்ந்தது விளங்கியது. சாதாரணமாக மின் விபத்துக்களில் மூச்சு நிற்பது நேரடியாக இல்லாமல், எதிர்முறை மறிவினை நிகழ்ச்சியாக அமையும்.

பிணச் சோதனை அறிக்கை முதல் மருத்துவ அறிக்கையினை ஒட்டியே உள்ளது. விபத்து சந்தர்ப்பங்களை ஆராயும்போது பாதிக்கப்பட்டவர் மடித்துத் தைத்த சட்டை அணிந்திருந்தார் என்று தெரிய வருகிறது. வேலை காலணிகள் ஈரமாக இருந்தன. சோதனைச்சாலைக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டன. அளவீடுகளின் படி ஈரமான அம்மூடு காலணியின் தடை 200 ஓம். காய்ந்த நிலையில் அதன் மின் தடை 250 ஆயிரம் ஓம். அளவீடுகள் 1,000 வோ மெகர் (megger) ஒன்றை வோல்ட்-ஆம்பியர் அளவியாகப் பயன்படுத்தி எடுக்கப்பட் டன.

சாட்சிகளையும் உடன் வேலை செய்வோரையும் விசாரித்தபோது ஒரு எழுப்புநர் குழு (குழுவின் முகவர், இரு வேலையாட்கள்) கட்டப்பட்டு வரும் ஒரு பொருளின் சட்டத்தில் சிக்கிய பனியினை சுத்தம் செய்தனர் (விபத்து கப்பல் கட்டும் தளத்தில் நிகழ்ந்தது). இருள் சூழும் முன்னர் 16-00 மணி அளவில் வெளிச்சம் போதுமானதாக இல்லாததால் முகவர் ஒரு பணியாளரை கை விளக்கு கொண்டுவர வேலையகப் பண்டகசாலைக்கு அனுப்பினர். பணியாளர் கம்பியுடன் கூடிய கை விளக்கை வாங்கிக் கொண்டு திரும்பினர். கட்டமைப்பில் முதல் பணியாளருக்கு மேல் நின்றுகொண்டிருந்த மற்ஞெரு பணியாளர் பொதுப் பயன் அமைப்பின் (36 வோ) குழிப்பான் (சாக்கட்) ஒன்றினில் கம்பியின் முனையினை நேரடியாகப் பொருத்த முற்பட்டார். ரப்பர் சூழப்பட்ட கம்பி நீளவசமாக நான்கைந்து இடங்களில் சிறைவுற்றிருந்தது. "வெளியுறை" கழட்டப்பட்ட பிடிப்பானில் வட முனைகள் இணைக்கப்பட்டவுடன் முதல் பணியாளர் இடது கையால் பிடித்துக் கொண்டிருந்த விளக்கு ஒளிர்ந்தது. அருகிலிருந்த பணியாளர்கள் அவ்வொளியினைக் கண்டனர். விளக்கைப் பிடித்துக் கொண்டிருந்த மனிதர் சத்தமின்றி விழுந்தார். விளக்குப் பிடிப்பான் இன்னும் அவர் கையிலே இருந்தது. அவரை உயிர்ப்பிக்கச் செய்த முயற்சிகள் வீணுயின.

பாதுகாப்பாகக் கருதப்படும் 36 வோ அழுத்தம் கப்பல் கட்டும் தளங்களில் பரவலாக உபயோகப்பட்டு வருகிறது. இந்த அழுத்தத்தால் ஏற்பட்ட உயிரிழப்பு, புலனுய்வுகளைக் கவனத்தோடு நடத்தத் தூண்டுகிறது.

தாழ் அழுத்தத்தில் ஏற்படும் மின் விபத்துக்களை ஆராயும்போது அடிப் படைப் பிரசினை மூல மின் அழுத்தமான 380 வோ மின் காப்புப் பொருட்களின் (குறை மின் மாற்றிகளில்) சிதைவால் தாழ் மின் பாதைக்கு வந்ததா என முதலிலும் இரண்டாவதாக, பொதுவான நில இணைப்பு அமைப்புகள் மூலம் அதிக மின் அழுத்தம் மின் பாதையை அடைந்திருக்குமா என்றும் மூன்ருவதாக வேறு எவ்வகையிலும் கூடுதல் அழுத்தம் வந்திருக்குமா என்றும் ஆய்ந்து விளக்க வேண்டியதாகும்.

மின் மாற்றி, மூன்று அழுத்தங்களின் இணைப்புப் பாதைகள், மின் பற்று வைப்புப் பொறியின் மின் சுற்றுப்பாதை இவற்றைப் பரிசீலிப்பதின் வாயிலாக முதலாம் சாத்தியக்கூறு ஆராயப்பட்டது. மேலும் 36, 12 வோ ஒளி மின் சுற்றுப்பாதைகளுக்கு மின்சாரம் கொடுக்கும் 220/36, 220/12 வோ மின்மாற்றிகளின் மின்காப்பு அளவிடப்பட்டது.

பரிசீலனைகளும் அளவீடுகளும் கீழ்க்காணும் விவரங்களைத் தந்தன : விபத்து நிகழ்ந்த இடம் 36 வோ மின் இணைப்புப் பாதைகள் கொண்டது. அதனை 20-25 கி. வாட் திறனுடைய 220/36 வோ மின்மாற்றி வழங்கியது. 10-15 கி. வாட் திறனுடைய 220/12 வோ மின்மாற்றியொன்றும் 12 வோ மின் இணைப்புப் பாதைக்கு மின்சாரம் வழங்கியது. இரண்டு மின்மாற்றிகளும் ஒரு இரும்பு அறையில் வைக்கப்பட்டிருந்தன. அவை 380/220 வோ பயன் அமைப்புக்கு 5-6 மீட்டர் தொலைவில், ஈய உறையுடன் இரும்புக்கவசம் கொண்ட வடத்தால் (சி.பி.சி. 3×70-1,000 வோ கீழுள்ள அழுத்தங்களுக்கும் போதுமானது) இணைக்கப்பட்டிருந்தன : அந்த வட்டாரத்தில் 380/220 வோ மேல்நிலைப் பாதைகள் ஏதும் இல்லை. அறை பூட்டப்பட்டிருந்தது. வேலையகத்தில் பணியாற்றும் முறை மின் பணியாளரிடம் அதன் சாவி இருந்தது. மின் காப்பின் தடை திறன் அளவீடுகளிலிருந்து மின்மாற்றிக் கம்பிகளின்

மின் காப்பு நன்ருகவே இருந்ததெனவும் 220 வோ வளைகம்பிக்கும் 36 வோ கம்பிக்கும் இணைப்பிற்கு வாய்ப்பு இருக்கவில்லை என்று தெரியவருகிறது.

மின்மாற்றி அறையினை ஆய்வு செய்தபோது 380/220, 36 வோ பாதைகளுக்கிடையில் தற்செயலாகவோ வேண்டுமென்ருே தொடர்பு நேரிட்டிருக்கும் வாய்ப்பில்லை என்று தெரிந்தது. 380-220 வோ மின்மாற்றியின் முனைகள் அறைப்பக்கம் பார்த்திருந்தன. அணுகக்கூடியவையாயில்லை.

மின்மாற்றியின் முனைகளிலோ வெளியுறையிலோ எரிதல், உருகல் தடயம் ஏதும் இல்லை. விபத்து நடந்தபோது 380/220 வோ, 36 வோ மின்பாதையில் இருக்கவில்லை என்பது அருகில் வேலை பார்த்தவர்கள் நிரூபித்தார்கள். 36 வோ பொது ஒளி அமைப்பில் 70 விளக்குகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. அதே மின்மாற்றியிலிருந்து மின் அழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டது. விபத்துக்குப் பிறகு கை விளக்கு சோதனை செய்யப்பட்டபோது கூடுதல் அழுத்தமின்றி நல்ல நிலையில் இருந்தது என்று தெரியவந்தது. 380/220 வோ மின் பாதையின் ஒரு முனை 36 வோ பாதையைத் தீண்டியிருந்தாலும் 36 வோ அமைப்பிலிருந்து மின்சாரம் பெற்ற விளக்குகள் பாதையின் குறைந்த தடைத் திறனுல் நன்கு ஒளிரத் தொடங்கியிருக்கும் (380/220 மூலத்துக்கு நில இணைப்புள்ள நடுவி உண்டு). ஆனுல் விபத்து நடப்பதற்குச் சற்று முன்னர் விளக்குகளில் பேரொளி அருகிலுள்ள பணியாளர்களால் காணப்படவில்லை.

அடுத்த இரண்டாவது சாத்தியக்கூறு ஆராயப்பட்டது. நான்கு முனை கம்பி அமைப்புக்களில் மின்னேட்ட முறிவுகளாலோ, அதிகமாகப் பளுக்கள் மாறுபடுவதாலோ துணை நில இணைப்புக்களுக்கு அப்பாலுள்ள நில இணைப்புக் கம்பிகளில் நிலத்தோடு அதிக மின் அழுத்தம் தோன்றக்கூடும். கப்பல் கட்டும் நிலையங்களில் மின்பற்றுவைப்பு வேலைகள் அடிக்கடி மேற்கொள்ளப் படுவதால் இத்தகைய சாத்தியக்கூறு நடக்கக் கூடியதே. ஆனுல் விபத்து நிகழ்ந்தபோது மின் அழுத்தம் கூடுதலாக இல்லை. கட்டுமானம் செய்யப்பட்ட பொருளின் சட்டகம் நில இணைப்பு அமைப்போடு இணைக்கப்பட்டிருந்தது. குறை மின்மாற்றியின் உறைகளும் அத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருந்தன. இத் தகைய துணை நில இணைப்புக்களின் தடை திறன் 0.15 ஓம். பொருளின் உட்பகுதியின் அழுத்தம் இணைப்பு அமைப்பின் அழுத்தத்தோடு சமமாய் இருந்தது. ஆகவே இரண்டாம் சாத்தியக்கூறும் நிராகரிக்கப்பட்டது.

மின்விபத்து விளைத்த) அழுத்தத்தின் மதிப்பை உறுதிப்படுத்த மின் பற்று வைப்பு சாதனத்தின் அழுத்தம் சம்பந்தமான சந்தேகத்தை நிவர்த்தி செய்ய வேண்டும். பாதிக்கப்பட்டவர் நின்று கொண்டிருந்த இடத்திலிருந்து 2-2.5 மீட்டருக்குக் கீழே பற்றுவைப்பர் வேலை பார்த்தார். மின் பற்று வைப்பு சாதனம் வேருெரு அறையில் இருந்தது. ஆனுல் அதன் மூடு கம்பி (1.5-2 மீட்டர் நீளம்) பாதிக்கப்பட்டவருக்கு 2 மீட்டர் அருகே சென்றது. மின் பற்று வைப்பு சாதனத்தின் சரியான காப்புத் திறன், கம்பியில் சேதம் இன்மை, இணைப்புக் கம்பிக்கும் 36 வோ பாதைக்கும் இடையே தொடர்பு இல்லாமை எல்லாம் மூன்ரும் சாத்தியக்கூறையும் நிராகரிக்கின்றன.

ஆகவே பணியாளர் 36 வோ மூலத்தில் இருந்த மின் அழுத்தத்தாலேயே இறந்தார் என்று தெளிவாகிறது. அவ்வளவு தாழ்ந்த அழுத்தத்தால் உயிர் பிரிவது மிக மோசமான நிலைகளிலேயே ஏற்படக் கூடும். தொடர்ந்த புலனய்வு அதை உறுதிப்படுத்தியது.

பாதிக்கப்பட்டவர் நின்றுகொண்டிருந்த உலோகச் சட்டகத்தில் செப்பாக்கத் தடயம் தென்பட்டது. ஒரு இடத்தில் அது தெளிவாக இருந்தது. மற்ருெரு

இடத்தில் பெரிதாக்கும் கண்ணுடி கொண்டு பார்க்க வேண்டியிருந்தது. அவர் எங்கு நின்று கொண்டிருந்து அதிர்ச்சிக்குப் பின் கீழே விழுந்தாரோ அவ்விடத்திலேயே செப்பாக்கத் தடயம் காணப்பட்டது. கை விளக்கு வடத்தின் மின் காப்பு மோசமாக இருந்தது. சில இடங்களில் முழுதும் உரிந்திருந்தது. பல இடங்களில் பரிசீலித்தபோது உருகியிருந்தும் காணப் பட்டது. மரப்பிடிப்புக்கு 8-10 செ.மீ நீளத்தில் வடக்கம்பி முறிந்திருந்தது. முனைகள் நன்கு உருகியிருந்தன. பாதிக்கப்பட்டவர் சில மணி நேரங்களாகப் பனியை விலக்குவதில் ஈடுபட்டிருந்ததால் அவரது மூடு காலணியும் காலுறையும் ஈரமாயிருந்தன.

இவ்வாறுகவே விபத்தின் கீழ்க்காணும் சந்தர்ப்பங்கள் நிர்ணயிக்கப்பட்டன. கை விளக்கைப் பிடித்துக் கொண்டிருந்த இடது கையின் பின்புறத்தால் இறந்தவர் வெளிப்பட்ட கம்பியைத் தொட்டிருக்கிறர். அதே கம்பியின் இதர திறந்த பகுதிகள் உலோகச் சட்டகத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருந்திருக் கின்றன. மின்னேட்டம் அவர் இடது கையின் பின்புறத்திலிருந்து சட்டகத்தின் மேல் நிற்கும் அவரது கால் மூலம் பாயும்படி ஒரு மின்னேட்ட பாதை உருவானது.

மின் அதிர்ச்சிக்குப் பின் விழும்போது திறந்த கம்பியினை உலோகச் சட்டகத்தோடு சேர்த்து விட்டார். மின்னேட்ட முறிவு உருவாயிற்று. அதனுல் கம்பி எரிந்து போயிற்று. பாதிக்கப்பட்டவர் விளக்கோடு தொடர் இணைப் பாகச் சேர்க்கப்பட்டார். இரண்டு-மூன்று நிமிடங்களுக்குப் பிறகு குழு முகவரால் மின் பாதை முறிக்கப்படும் வரை அந்தப் பாதையிலேயே இருந்தார்.

விவாதத்திலிருக்கும் மின் விபத்து பலவிதமான காரணங்களால் நிகழ்ந்தது. ஆகவே அது ஒரு சிக்கலான நிகழ்ச்சியாகக் கருதப்படவேண்டும். விபத்து ஒரு முனை தீண்டுதலில் துவங்கி, இருமுனை தீண்டுதலில் முடிந்தது. இரண்டில் எது மரணத்தை விளைவித்தது என்று கூறுதல் கடினம்.

இப்போது இத்தகைய ஆபத்தான விளைவை ஏற்படுத்திய மின்னேட்ட அலகு யாது எனும் கேள்வி எழுகிறது. அளவின் பிழையின்மை உறுதியாக இல்லாவிடினும் இந்த மின்னேட்டத்தை அளவிட முயற்சிக்கப்பட்டது. பாதிக்கப் பட்டோரின் உடல் உள்பட மின் பாதையின் தடை முழுதும் மதிப்பிடப்பட வேண்டும். 40 செ.மீ^{2} அளவுள்ள உலோக மின் வாயை அவரது இடது கையில் மின் குறிக்கருகே புகுத்தித் தடைத்திறனை அளந்து வேறுபாடு மதிப்பிடப்பட்டது. மாறு மின்னேட்டத்தில் பல்வேறு அழுத்தங்களில் வோல்ட் மீட்டர்-அம்மீட்டர் முறையின் மூலம் அளவீடுகள் எடுக்கப்பட்டன. எதிர்பார்த்த படியே மின் அழுத்த மாறுதலுக்கொப்ப நேராக அமையவில்லை. 30 வோல்ட்டில் 12.6 ஆயிரம் ஓம் இருந்தது. 110 வோல்ட்டில் 3.2 ஆயிரம் ஓம் ஆகக் குறைந்தது. 36 வோல்ட்டில் மின் தடை 10.8 ஆயிரம் ஓம் ஆகும். இ. ஃப்ரென்கல் கூறும் திருத்தக் காரணியைப் (இந்தச் சூழற்சிக்கு 1.65) பயன்படுத்தி, பாதிக்கப்பட்டோர் உயிருடன் இருந்தபோது இருந்த மின் தடை கணக்கிடப்பட்டது. அது 6.5 ஆயிரம் ஓம் ஆகும்.

பிறகு காலணியின் குறிப்பாக அடித்தோலின் தடை அளவிடப்பட்டது. அளவுகள் உலர்ந்த, ஈரமான, நனைந்த நிலைகளில் அடித்தோல் அளவிற்கு வெட்டப்பட்ட மின்வாய்களைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்டன. ஒரு மின் வாய் மூடு காலணியுள் வைக்கப்பட்டது. அதன் மேல் 25 கே.ஜி.எஃப். (kgf) எடையும் வைக்கப்பட்டது. மறு வாய் அடித்தோலின் கீழ்ப்புறம் அழுக்கப்பட்டது. அளக்கப்பட்ட தடை கீழ்க்கண்ட மதிப்புகளைத் தந்தது:

அடித்தோலின் நிலை	மின் அழுத்தம்	மின் தடை ஆயிரம் ஓம்களில்
உலர்ந்தது	10,110 வோ	50 மேல்
ஈரமானது	10,110 வோ	3 முதல் 5 வரை
நனைந்தது	10,110 வோ	1 முதல் 1.5 வரை

விளைவாக மின்னோட்டச் சுழற்சி குறைந்த பட்சத் தடைத்திறன் இரு மதிப்புகளின் கூட்டுத்தொகையாக 8 ஆயிரம் ஓம். இதைச் சரிபார்க்க ஈரமான காலுறை உலோக வாய்களுடன் சடலத்தில் அணிவிக்கப்பட்டது. கிடைத்த தடைத் திறன் 50 வோல்ட்டில் 13 ஆயிரம் ஓம். திருத்தக் காரணியோடு 10 ஆயிரம் ஓம் ஆகும்.

முடிவாக அபாயம் விளைக்கும் மின்னோட்ட அலகுகளின் எல்லைகள் 3-10 மில்லி ஆம்பர் என அறியலாம். அளவீடு செய்யும்போது மிகப் பிரதிகூலமான நிலைகள் (நனைந்த காலுறை, உலோக முனை) கணக்கில் கொள்ளப்பட்டன.

நிகழ்ச்சி 4-2. பாதிக்கப்பட்டவர் ஒரு மின் பணியாளர். 21 வயதுடையவர். உடல் விசாரணைக்களத்திற்கு 'மின் அதிர்ச்சி' எனும் வாசகத்துடன் கொண்டு வரப்பட்டது. சடலத்தில் மின் குறிகளோ எரிபுண்களின் தடயமோ காணப்படவில்லை. பிணச் சோதனை கரியமில வாயுவின் அபரிமித விளைவைக் காட்டியது. உயிர்ப்பிக்க முனைந்த மருத்துவர் விபத்துக்கு உடனேயே தொடர்ச்சியற்ற இதயத்துடிப்பைக் கண்டார். பாதிக்கப்பட்டோர் மூர்ச்சையாகி 2 அல்லது 3 நிமிடங்களுக்குப் பின்னர் செயற்கை சுவாச முறை கையாளப்பட்டது.

விபத்தின் சந்தர்ப்பங்கள் கீழ்வருமாறு:

ஒரு தனித்தேவைக்கான கீழ்மட்டக் கூடத்தில் நிலையான மின் கம்பியமைப்புகளின் ஏற்பு சோதனை செய்யப்பட்டது. சோதனையிடும் பொருட்டு அந்த அறைக்கு ஒளி தர, ரப்பர் சூழ் கம்பி வடத்துடன் ஒரு கை விளக்கு கீழறையில் கொணரப்பட்டது. மேலுள்ள 220/12 வோ தாழ்த்து மின்மாற்றியுடன் அது இணைக்கப்பட்டிருந்தது. கம்பி முழுதும் ஓர் ரப்பர் உறையிலேயே அமைந்திருந்தது (விளக்கைச் சுற்றியுள்ள சிறிய பரப்பைத் தவிர). வட்டத்தின் நீளம் போதுமானதாக இல்லாமையால் பதிலாக ஒரு மின்கல விளக்கு பயன்படுத்தப்பட்டது. இரும்பு படிக்கட்டின் கைப்பிடியின் மேல் மின் விளக்கின் சுற்றப்பட்ட வடம் வைக்கப்பட்டது. ஏற்பு முறைகள் முடிந்தபிறகு ஒரு மின் பணியாளர் இரும்பு படிக்கட்டை இடது கையால் தொட்டார். சுற்றப்பட்ட வடத்தை அப்போதே வலது கையால் எடுத்தார். உடனே சத்தம் போட்டு மூர்ச்சையானார். அவரை மீட்க வந்தவர்கள் அவரைத்தூக்க முயன்றபோது மின் அதிர்ச்சி பெற்றனர். கை விளக்கின் பிடியிலிருந்து அவரை விடுவித்து மேலே கொண்டு சென்று உயிர்ப்பிக்க முயற்சித்தும் அவர் உயிரிழந்தார்.

கை விளக்கும் தாழ்த்து மின்மாற்றியும் சோதனைச்சாலை ஆய்விற்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டன. மின் மாற்றியின் காப்புத் தடையின் கவனமான பரிசீலனை 127 வோ, 12 வோ மூலங்களுக்கு இடையே இணைப்பு ஏதுமில்லை என்பதைப் புலப்படுத்தியது. கை விளக்கின் வளை வடக் கம்பிகளைப்

பரிசோதித்ததில் ஒரு கம்பி 5-6 மி.மீ நீளத்திற்கு வெளிப்பட்டு இருந்தது என்று தெரிய வந்தது. கடத்தா ஒட்டிகள் கவனமில்லாமல் சுற்றப்பட்டிருந்தன. அவை கம்பியோடு ஒட்டவில்லை. கை விளக்கிற்கும் ரப்பர் உறையினுள் இருந்த கம்பிக்கும் இடையில் இருந்த மோசமான காப்பு இணைப்பே உடலின் மேல் மின் ஓட்டம் பாயக் காரணமாகும். 12 வோ மின் பாதையின் வேறு துருவமுனை நிலத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருந்தது. ஆகவே பாதிக்கப் பட்டோர் 12 வோ மின் பாதையின் மின் கடத்தும் பகுதிகளின் இரு துருவங்களையும் தீண்டி, உயிர் இழந்தார்.

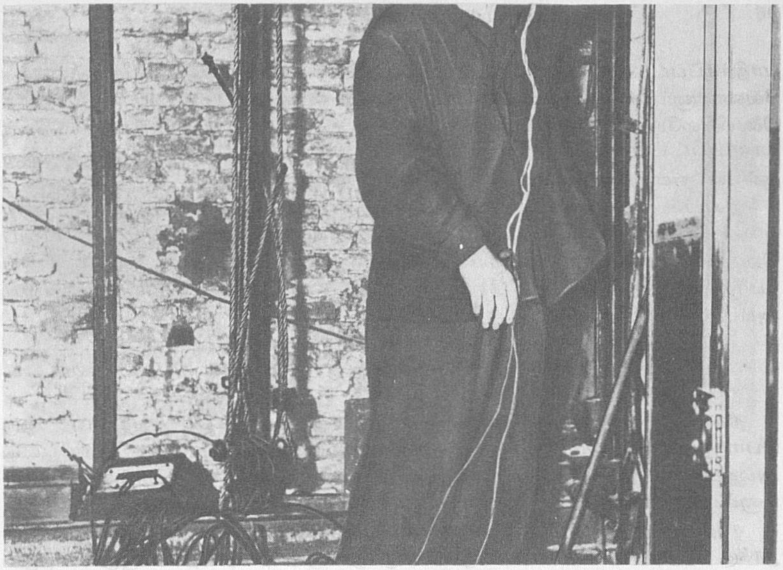
தரை இணைப்பின் மூலம் தவருக அழுத்தம் தோன்றுவது கேள்விக்கு அப்பாற்பட்டது. நிகழ்ச்சி நடந்த அறை ஒரு அலுவலகமாகச் செயல்பட்டது. ஆகவே பகலில் தாழ்த்து மின்மாற்றியில் கொடுக்க எந்தப் பளுவும் இல்லை. ஒரு 5 கி. வாட் பளுவைக் குறை மின்மாற்றியில் இணைத்துச் சோதிக்கப்பட்டது. இந்த அசாதாரண சீரற்றச் சுமையிருந்தும் நில இணைப்புத் தொகுதியில் காணப்பட்ட 12 வோ மூலத்தின் நில இணைப்பின் மின் அழுத்தம் 0.8 வோ ஆகவே உயர்ந்தது. அடிமட்டத் தண்ணீர்க்குழாய் நில இணைப்பாகப் பயன்பட்டது. வேறு மின் அழுத்த மூலங்கள் இல்லாமையால் 12 வோ மின் அழுத்தத்தால் மரணம் ஏற்பட்டது உறுதிப்படுத்தப்பட்டது.

இந்நிகழ்ச்சியின் அசாதாரண அம்சங்கள் பாதிக்கப்பட்டோரின் உடல் தடைத்திறன் உட்பட எல்லா வித அளவீடுகளையும் எடுப்பதை அவசிய மாக்கியது. அளவீட்டு முறை முன்னர் விவரித்தது போன்றதே. ஒரே வேறுபாடு மின் தடை இரு கைகளுக்கிடையேயும் இடது உள்ளங்கை வலது புறங்கைக்கிடையேயும் (மின் பாதையின் பாகங்களான உடற்பகுதி களுக்கிடையே) அளவிடப்பட வேண்டியதே. 12 வோல்ட்டில் கைகளுக் கிடையே வைக்கப்பட்ட மின்வாய்களுக்கு இடையேயான மின் தடை 18.8 ஆயிரம் ஓம்கள். இடது உள்ளங்கை வலது புறங்கைக்கிடையே 74.5 ஆயிரம் ஓம். திருத்தக் காரணியைப் பயன்படுத்த அவை 11.2, 27 கி. ஓம் ஆகும். மீண்டும் மின்னேட்டங்களின் எல்லைகள் 1.2 முதல் 4.5 மில்லி ஆம்பர் வரை ஆகும். அவை தூண்டும் மின்னேட்டத்தின் எல்லைகளுக்கு அப்பாற் பட்டவை.

துரதிர்ஷ்டவசமாக உடல் மூலம் மின்சாரம் பாய்ந்த கால அளவு இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளிலும் சரியாக நிலை நிறுத்தப்படவில்லை. சாட்சிகளின் கூற்றின்படி அவை ஒரு நொடி முதல் ஒரு நிமிடம் வரை ஆகும்.

இப்போது நாம் மின் பாதை முறிக்கப்பட்ட பிறகு இறந்த இரண்டு தாழ் அழுத்த உயிர்க்கொல்லி நிகழ்ச்சிகளை விவரிப்போம். எந்த நிகழ்ச்சியிலும் எரிபுண்கள் காணப்படவில்லை.

நிகழ்ச்சி 4-3. ஒரு பொருள் தூக்கிக் குழியில் தூக்கியின் பிணைப்பியக்க அமைப்பைப் பொருத்தும்போது விபத்து நிகழ்ந்தது. வேலையிடத்தில் பொருத் தப்பட்ட எடுத்துச் செல்லப்படும் விளக்கு ஒன்று தான் மின்சாரம் உள்ள பொருள். ஒரு பொருத்துனர் குழியை விட்டுச் செல்லும்போது நெற்றியால் உலோகப் பாகத்தைத் தொட்டார். கை மூட்டு (ரிஸ்ட்) கம்பியின் சரியான மின் காப்பற்ற இணைப்பில் உரசியது (படம் 4-1). மின் அதிர்ச்சி ஏற்பட்ட பிறகு அவர் சில நடை போட்டு உட்கார்ந்து உதவிக்காகக் கத்தினர் (படம் 4-2). மின் சுழற்சி துண்டிக்கப்பட்டிருந்தும் அதனைத் துண்டிக்கக் கோரினர். உதவிக்கு வந்த மக்கள் மின் பாதை துண்டிக்கப்பட்டு விட்டதாகக் கூறினர்கள்.



படம் 4-1. மின் அதிர்ச்சிக்கு ஆளாகும் நபரின் இருப்பு நிலை

படம் 4-2. மின்சாரம் பாய்ந்து இறந்த நபர்

பாதிக்கப்பட்டவர் அதை நம்பவில்லே; மீண்டும் மின் பாதையைத் துண்டிக்க வேண்டினுர். விபத்திற்குப் பதினேந்து நிமிடங்களுக்கும் பிறகு அவர் உட்கார்ந்த நிலேயிலேயே உயிரிழந்தார். கீழ்க் கை மூட்டிலும் நெற்றியிலும் மின் குறிகள் காணப்பட்டன. உயிரிழப்பை விளேவித்த மின் அழுத்தம் 10-15 வோல்ட்டிற் குள்ளே என்று சோதனே காட்டுகிறது.

நிகழ்ச்சி **4-4.** மின் பாதை துண்டிக்கப்பட்ட பிறகு உயிரிழப்பை ஏற் படுத்திய மற்றதொரு விபத்தும் இதே போன்ற நிலேகளிலேயே ஒரு வலுப் பொருள் தூக்கியின் அறையில் நிகழ்ந்தது. மின் அதிர்ச்சிக்கு ஆளாகிய நபர் அறையை விட்டுச் சென்றுர். தூக்கிப் பொறிக்குச் சில அடிகளுக்கு அப்பால் உயிரிழந்தார்.

4-3. 220 வோல்ட் அழுத்தங்களில் ஏற்படும் விபத்துக்கள்

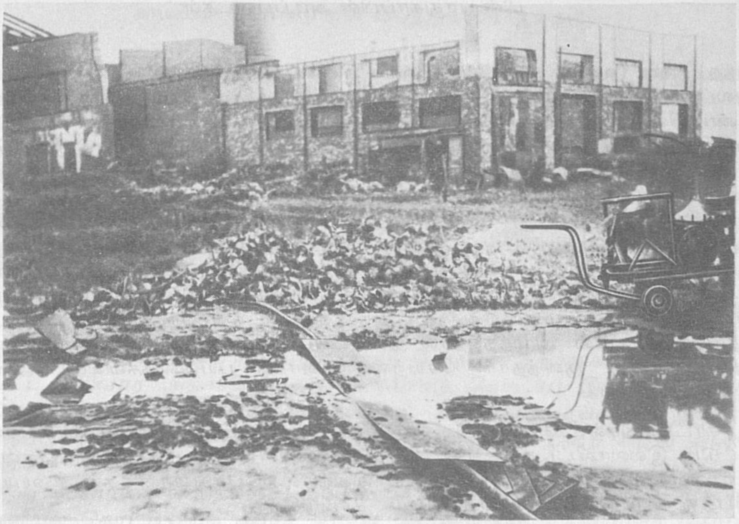
நிகழ்ச்சி **4-5.** 220 வோ மூலத்தில் நடந்தது. 26 வயதான ஒரு பொருத்துனரின் உயிர் நீங்கக் காரணமான இவ்விபத்து சில தனிப்பட்ட அம்சங்களேக் கொண்டது. மருத்துவ விசாரணே அறிக்கை சொல்வது ''மின் ஞேட்ட விளேவால் மூச்சு திணறி மரணம்''.

சந்தர்ப்பங்கள் பற்றிய புலனுய்வின்படி ஒரு எந்திரம் கட்டும் சாலேயில் தூக்கு பொறியைச் சரியமைக்கும்போது தூக்கு சாதனத்தைப் பழுதுபார்த்துக் கொண்டிருந்த முகவருக்கு உதவி செய்து கொண்டிருந்த பொருத்துநர் இரு கைகளிலும் உலோகக் கம்பிகளேப் பிடித்துக் கொண்டிருந்தார். சுழல் கடு திறப்பானு (spindle limit switch)க்குச் சென்று கொண்டிருந்த மின்சாரம் பாயும் வெற்றுக் கம்பியை அவர் கால் தொட்டதும் மின்சாரம் பாய்ந்து அவர் இறந்தார்.

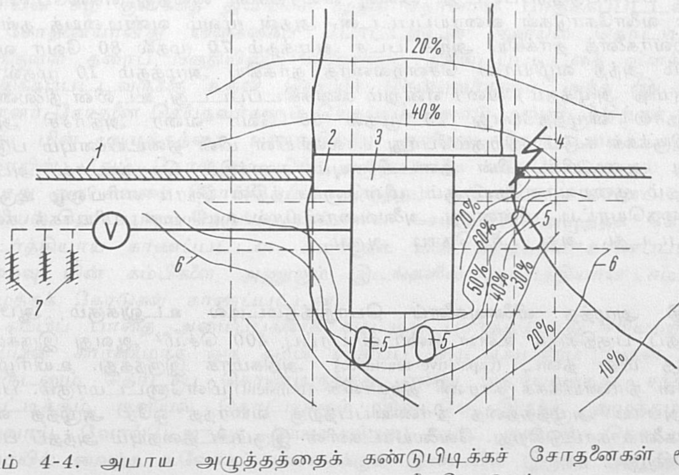
1,000 வோ மேலுள்ள மின் அழுத்தங்களில் மிதி அழுத்தத்தின் (step voltage) விளேவு நெடுநாட்களாகத் தெரியும். மின் பாதுகாப்பு வெளியீடுகள் அவற்றைப் பற்றி அதிக வர்ணனேகள் தந்துள்ளன. சாதாரணமாக இத்தகைய விபத்துக்கள் கிராமப்புறங்களிலேயே நிகழ்கின்றன. உயர் அழுத்த மின் கம்பிகள் முறிந்து தரையில் விழும்போது இவை நேர்கின்றன. 1,000 வோ கீழுள்ளவற்றில் நிகழும் மிதி அழுத்த விபத்துகள் பற்றிய விவரங்கள் 1960ம் ஆண்டுகளில் வரத் தொடங்கின. சோவியத் நாட்டில் போருக்குப் பிற்பட்ட பகுதியில் மிகப் பெரிய தொழில் மையத்தில் உள்ள உற்பத்திச் சாலேயில் நிகழ்ந்த ஒரு விபத்து முக்கியத்துவம் பெற்றதொரு நிகழ்ச்சியாகும்.

நிகழ்ச்சி **4-6.** ஒரே நேரத்தில் மூன்று நபர்களுக்கு நிகழ்ந்த மின் அதிர்ச்சிகளேச் சமாளிக்க ஒரு ஆம்புலன்ஸ் அழைக்கப்பட்டது. 380/220 வோ மூலத்தில் நிகழ்ந்த மிதி அழுத்தத்தின் காரணமாக விபத்து நிகழ்ந்தது. பாதிக்கப்பட்டோரில் இருவருக்குக் கடும் விளேவுகள் யாதும் ஏற்படவில்லே. ஆனுல் விபத்துக்குப் பிறகு ஓராண்டு வரை அவர்கள் மருத்துவ மேற்பார்வை யில் வைக்கப்பட்டு வந்தனர். மூன்றும் நபர் உடனடியாக மரணமடைந்தார். அவர் ஒரு மேலங்கியும் (கோட்) காலணியும் அணிந்திருந்தார். மருத்துவ ஆய்வின் அறிக்கை கூறியது ''நரம்பு மண்டலத்தின் சுவாசகோசத்தைப் பாதிக்கும் சீர்கேடும் விளேவான மூச்சுத் திணறலால் சாவும்''.

விபத்து விளேத்த நிகழ்ச்சிகள் வருமாறு. ஈய உறையுள்ள இரும்பு சுற்றிய மின் வடம் (சி.பி.சி - 3×25) வேலேயிடத்தின் மேற்பரப்பில் சென்று கொண்டு இருந்தது. தேவைப்படும் போதெல்லாம் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்த



படம் 4-3. விபத்திடத்தின் பொதுக் காட்சி



படம் 4-4. அபாய அழுத்தத்தைக் கண்டுபிடிக்கச் சோதனைகள் மூலம் கண்ட சம அழுத்த வளைகோடுகள்

1- கம்பிவடம்; 2- கம்பிவடத்தின் மேல் போடப்பட்ட இரும்பு பலகை; 3- வண்டி; 4- மின் குறுக்கு முறிவு ஏற்பட்ட இடம்; 5- பாதிக்கப்பட்டோரின் இடங்கள்; 6- சம அழுத்த வளைகோடுகள்; 7- ஒத்த அழுத்தப் பகுதிகளைக் காண உதவும் எடுத்துச் செல்லப்படும் தூண்டிகள்.

இந்த மின் வடம் 380/220 வோ இணைப்பு மூலத்தில் இணைக்கப்பட்டு அலட்சியமாக விடப்பட்டது. வடத்தின் இடத்தில் பொருட்கள் உலோக வண்டியில் ஏற்றிச் செல்லப்பட்டன. போக்குவரத்தை எளிதாக்க வடத்தின் மேல் 2-3 மி.மீ கனமுள்ள இரும்பு பலகை வைக்கப்பட்டது. பாதி நிரம்பிய வண்டி வடத்தின் மேல் விபத்தின்றிக் கொண்டு செல்லப்பட்டது. ஆனால் திரும்பும்போது முழுப் பளுவுள்ள வண்டி வடத்தைச் சேதப்படுத்தியது. வடத்தின் ஒரு வெற்று முனை இரும்பு பலகையைத் தீண்டியது. எனவே இரும்புப் பலகையும் வடமும் சந்திக்கும் இடத்தில் மிதி அழுத்தம் உருவானது. வண்டியைத் தள்ளிக்கொண்டு வந்தவர்கள் அதிர்ச்சிக்கு ஆளானார்கள். ஒருவர் மூர்ச்சித்து விழுந்தார். மற்றவர் தவ்விக் குதித்தார். இருவரும் பயத்தோடு தப்பி ஓடினார்கள். மூன்றாவது நபர் அந்த வழி நடந்து வந்தவர், வண்டியைத் தொடாதவர் மின் அழுத்தத்தால் தூண்டப்பட்டு மின் அதிர்ச்சியடைந்தார். அவர் வீழ்ந்து குனிந்தார். செயற்கை சுவாசம் பயனளிக்கவில்லை. அவர் இறந்தார்.

சாட்சியங்கள், சேதப்பட்ட வடத்தில் மின் குறுக்கு முறிவு ஆகியவை மட்டும் இல்லாவிட்டால் அது மின் அதிர்ச்சியால் ஏற்பட்ட இறப்பு என்று கூற முடியாது. படம் 4-3 அந்த இடத்தில் பொதுவான காட்சியையும் விபத்து ஏற்படுத்திய வண்டியையும் காட்டுகிறது.

அபாய அழுத்தத்தை நிர்ணயிப்பதே புலனாய்வின் பிரசினையாக இருந்தது. இந்த நிலைகளில் அதைக் கணிப்பது கடினமாக இருந்தது. ஆகவே அந்நிலையை மாதிரிப்படுத்த வேண்டியிருந்தது. செயல் அழுத்தத்திலேயே (விபத்தின்போது கம்பி வடத்தில் இருந்த அழுத்தம்) சோதனை செய்யப்பட்டது. உலோகப் பலகைக்கு அருகிலிருந்த நில அழுத்தத்தை அளக்க மின்னணுவியல் வோல்ட் அளவி பயன்படுத்தப்பட்டது. அளவு விவரங்களை வைத்து எக்ஸ்போனென் ஷியல் வளைகோடுகள் வரையப்பட்டன. அதன் மூலம் வண்டியைத் தள்ளிச் சென்றவர்களைத் தாக்கிய அதிக பட்ச அழுத்தம் 70 முதல் 80 வோ வரை என்றும் அந்த வழியாகச் சென்றவரைத் தாக்கிய அழுத்தம் 10 முதல் 15 வோ (மிதி அழுத்தம்) வரை என்றும் கணக்கிடப்பட்டது. உடலின் நிலையைப் பார்த்தால் விழுந்தபோது 25 முதல் 35 வோ வரை அதிர்ச்சி அவர் பெற்றிருக்கக் கூடும். நிற்கும்போது காலணியின் மின் தடையினையும் படுத்த போது ஆடையின் மின் தடையினையும் கணக்கில் கொண்டால் அபாய அழுத்தம் குறைவானதேயாகும். மின்னோட்டத்தின் நேரம் எரியிழை உருகும் நேரத்தையொட்டி மின்னணு அலைவரைவியால் (oscillograph) சரியாகக் கணக் கிடப்பட்டது. அது 1.8 நொடி ஆகும்.

மிதி அழுத்த விளைவுகளைப் பொறுத்தமட்டில் உடலுக்கும் ஆபத்து அழுத்தப் பகுதிக்கும் உள்ள தீண்டல் பரப்பு 400 செ.மீ^{2} ஆவது இருக்கும். மொத்த மின் தடை (capacitive reactance) அதிகமாக இருந்தது. உயிரிழப்பு முடிவை நிர்ணயிக்கக் காரணி தற்காலிக (transient) மின்னோட்டமாகும். படம் 4-4 அபாய அழுத்தத்தை நிர்ணயிப்பதற்கு வரைந்த ஒரே அழுத்த வளை கோடுகளைக் காட்டுகிறது. வேலையாட்களின் இருப்பிடத்தையும் அந்தப் படம் காட்டுகிறது.

குறைந்த அழுத்தத்தால் தாக்குண்டவர் ஏன் இறந்தார்? அதிக அழுத்தத்தால் தாக்குண்டவர்கள் எப்படித் தப்பினார்கள்? நரம்பு மண்டலம் மிக முக்கியமான பங்கு இரு மனிதர்களின் வாழ்க்கையிலும் ஆற்றியிருக்கிறது.வண்டியைத்

தள்ளிக் கொண்டு சென்றவர்களின் உடல் உழைப்பு ''விழிப்புப் பாதுகாப்புக் காரணி'' என்னும் நிலையை உருவாக்கியது (எஸ். ஜெல்லினெக்கு).

தொழில் அல்லது இன்னும் மிதி அழுத்தத்தால் ஏற்பட்ட இரண்டு மின் விபத்துக்களைப் பற்றி இங்கு விவரிப்போம்.

நிகழ்ச்சி **4-7**. ஒரு மருத்துவ நிலையத்தின் ஒரு பிரிவிலிருந்து ஒரு நபரின் சடலம் எடுக்கப்பட்டது. 55 வயதான நோயாளியான அவர் நீர் மருத்துவ அறையில் முழங்கால் மடிந்து குளியல் தொட்டியை நோக்கி வளைந்து நிர்வாணமாகக் காணப்பட்டார். அவர் உடலில் மின்சாரத்தின் சாயல் ஏதும் காணப்படவில்லை. பிணச் சோதனை மூச்சுத் திணறலால் இறப்பு நேரிட்டதாக வெளிப்படுத்தியது. பிணச் சோதனை அறிக்கையில் குறிப்பிடப் பட்ட மின்சார அதிர்ச்சி சந்தர்ப்பங்களோடு தொடர்பு இல்லாதது போல் தோன்றியது. குளியலறையில் மறைந்த கம்பிக் குழாய்களே இருந்தன. திறப்பான் (ஸ்விட்ச்) அறைக்கு வெளியே இருந்தது. பிறை வடிவ விளக்கு மேலே பொருத்தப்பட்டிருந்தது. உடன் சாவு நிகழ்ச்சியின் மேல் நடைபெற்ற குற்ற விசாரணை கூடுதலான விவரங்களை அளித்தது. விபத்துக்கு முன்னால் குளியல் தொட்டியைத் தயார் செய்து கொண்டிருந்த உதவியாளர் தொட்ட வுடன் குளியல் தொட்டி அதிர்ச்சி கொடுத்ததாகக் கூறினார். காலையில் நோயாளிகளுக்கு மருத்துவம் செய்யும் முன்னால் ஒரு மின் பணியாளர் குளியல் தொட்டியைச் சோதனையிட்டார். சந்தேகமான எதையும் அவர் காணவில்லை. மின் அழுத்தம் இல்லாததை மின் பணியாளர் விளக்கினார். உதவியாளரும் தொட்டியைத் தொட்டு அதனை உறுதி செய்து கொண்டார். பகல் நேரத்தில் எந்தப் புகாரும் இன்றி அம்மருத்துவம் தொடர்ந்தது. மின் ஒளியின் கீழ் குளிக்கத் துவங்கிய முதல் நோயாளி பாதிக்கப்பட்டவரே.

சோதனையானது விளக்கைப் போட்டவுடன் குளியல் தொட்டியிலும் அருகுள்ள தரைப் பகுதியிலும் மின்சாரம் தூண்டப்பட்டதை விளக்கியது. பாதிக்கப்பட்டவருக்கு உதவி செய்யச் சென்றவர்களும் அந்த இடத்தைப் பின்னர் சோதனை செய்தவர்களும் செருப்புக்களோடு அவ்விடத்திற்குச் சென்ற தால் மின் அழுத்தத்தை உணரவில்லை. குளியல் தொட்டியைச் சுற்றியும் தரையின் மீதும் தோன்றும் மின் அழுத்தங்களை வளைகோடுகளால் குறித்த போது ஒரு சுவரை நோக்கி மின் அழுத்தம் அதிகரிப்பது காணப்பட்டது. குளியல் தொட்டியை நெருங்குமிடங்களில் சம மின் அழுத்தக் கோடுகள் அடர்த்தியாய் காணப்பட்டன. சுவரிலும் மின் அழுத்தம் காணப்பட்டது. மறைவு மின் கம்பிகளை அணுகும் இடங்களில் அடர்த்தியான சம மின் அழுத்தக் கோடுகள் காணப்பட்டன.

கம்பிப் பாதை அமைப்புகளைக் கழட்டிப் பார்த்தபோது சரியற்ற மின் காப்பின் காரணமாக ஒரு கம்பி சந்திப்பு பெட்டியுடனும் அதன் மூலம் சுவருடனும் தொடர்பு கொண்டிருந்தது என்று தெரியவந்தது. சந்திப்புப் பெட்டிக்கும் குளியல் தொட்டிக்கும் இடையே இருந்த அழுத்தம் ஒரு தறுவாய் வோல்டேஜுக்கு (phase voltage) சமம். குளியல் தொட்டிக்கும் தரையில் வைத்த உலோகப் பலகைக்கும் இடையில் இருந்த அழுத்தம் 20 வோ. தரைப் பகுதிக்குள் இருந்த 5-15 வோல்ட்டு மிதி அழுத்தம் நோயாளியின் உயிரைப் பறித்தது. தொட்டிக்குச் சிறிது தொலைவிலிருந்த மரப் பலகையில் அவர் நடந்து வந்தார்; தரையை மிதித்தார்; அதே நேரத்தில் தொட்டியைத் தொட்டார்.

மின் சுற்றுவழியில் மின்னேட்ட அலகைக் குறைக்கப் போதுமான தடைகள் இல்லை. உடல் மட்டுமே அதை நிர்ணயித்தது. முன்னர் செய்த பல்வேறு அளவீடுகள் தடை 500 ஓம் ஆக இருக்கலாம் எனக் காட்டின. உடலின் மேல் பாய்ந்த மின்னேட்ட அலகு 15 முதல் 25 மி. ஆம்பர் வரை பல ஆசிரியர்கள் கூறியபடி இது அபாயகரமானதாகும்.

இதே போன்றதொரு நிகழ்ச்சி உயிரிழப்பை ஏற்படுத்தாமல் ஒரு குளியலறையில் நிகழ்ந்தது.

தரை, சுவர், தண்ணீர்க் குழாய் இவற்றிற்கிடையே மின் அழுத்தம் தோன்றுவது சாதாரணமானதில்லை. இத்தகைய நிகழ்ச்சிகளின் காரணம் சுவர்கள் வழியாகச் செல்லும் மின் வட அமைப்புகளில் உள்ள பழுதேயாகும். அதனுல்தான் சில நகரங்களில் 127 வோ இருந்து 220 க்கு மாறுதல் செய்த வீட்டு இணைப்பு பாதைகளை நன்கு பார்வையிட்டு 500 வோ மெக்கரால் சோதனை செய்த பின்னரே மேற்கொள்ள வேண்டும். எல்லாத் தேவையான பழுதுபார்த்தலும் செய்யப்பட்டு மின் இணை பாதைகளை நன்கு இயங்கும் நிலையில் வைத்திருக்க வேண்டும். ஆனல் அனுபவத்தின்படி அதிகம் மின்சாரம் கடத்தக்கூடிய பகுதிகளைக் கண்டுபிடிப்பது எளிதான வேலையல்ல. அதற்கான நேரமும் முயற்சிகளும் எவ்வளவாயினும் அதனை விட்டுவிடக் கூடாது.

4-4. கருவி அளவீடுகளில் பகுப்பாய்வு முறையைப் பயன்படுத்தல்

மின் விபத்துக்களைக் கருவி ஆராய்ச்சி முறையை ஆய்வு செய்வதில் பயன்படுத்தல் குறிப்பு 68ல் அதற்கான பகுதிகளில் வர்ணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதில் செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களில் மின்சாரம் தூண்டப்பட்டு அதிக மனிதர்களுக்கு விபத்துக்கள் விளைவித்த நிகழ்ச்சி விவரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இங்கு அந்த அறிவு புகட்டும் நிகழ்ச்சியைப் பற்றிச் சுருக்கமாக விவாதிப்போம்.

நிகழ்ச்சி 4-8. சோவியத் நாட்டின் ஒரு தெற்குப் பகுதியில் இடிப்புயலின் போது 6 கி. வோ மேல்நிலைச் செலுத்தத் தொடரின் கம்பிகள் தொலைபேசி மூலத்தின் கம்பிகளோடு தீண்ட நேரிட்டன. இதனல் தொலைபேசித் தொடரில் தூண்டப்பட்ட தொழில் அலைவெண் மின் அழுத்தத்தால் அதிக உயிரிழப்பு விபத்துக்கள் நிகழ்ந்தன. புலனய்வின் நோக்கம் விபத்தின் இயல்பினையும் போக்கையும் நிர்ணயித்து, விபத்துத் தடுப்பு நடவடிக்கைகளுக்காக விபத்து ஏற்பட்ட அழுத்தங்களையும் நிர்ணயித்தல் ஆகும்.

தொலைபேசிக் கம்பி இணைப்புகளில் தூண்டப்பட்ட தொழில் அலைவெண் மின் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடுவது கணக்கிட முடியாத பல காரணிகளைப் பொருத்து அமைகிறது. ஆகவே பல விஷயங்களை நாமாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டியிருந்தது. அதாவது : ஐந்து பொது அறிவிப்புத் தொகுதிகளின் நில இணைப்புத் தடை 20 ஓம்களாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. எனவே பத்துத் தொகுதிகளின் தடை 10 ஓம்கள் ஆகிறது. இந்தக் கற்பிதம் நிலத்தோடு

உண்டாகும் மின் அழுத்தத்தைக் கண்டறிய உதவியது. இங்கு ஏற்படக் கூடிய தவறுகள், எண்ணியல் முடிவுகளைப் பெருமளவு மாற்ற இயலாது. தொடு அழுத்தத்தின் மதிப்பீடுகள் போதுமான அளவு சரியாகவே இருக்கும். படம் 4-7 பின்வரும் சமன்பாடுகளையொட்டி வரையப்பட்ட சமவிளக்கப் படமாகும். கம்பிகள் இணையும் முன்னரே A, B மற்றும் C எனும் ஊர்களில் தொலைபேசித் தொடரில் மின்சாரம் தரப்பட்டது. கீழ்காணும் வாய்பாடு களினல் தொடு மின் அழுத்தங்களைக் கண்டறியலாம்:
இங்கு

$$\dot{V}'''_{tA} = K'''\,[r^2 + R_{earth}(cr_2 + R_{earth})]e^{j\alpha'''}$$
$$\dot{V}'''_{tB} = K'''R_{earth}(r_2 + R_{earth})e^{j\alpha'''}$$
$$\dot{V}'''_{tC} = K'''R^2_{earth}e^{j\alpha'''}$$

இங்கு

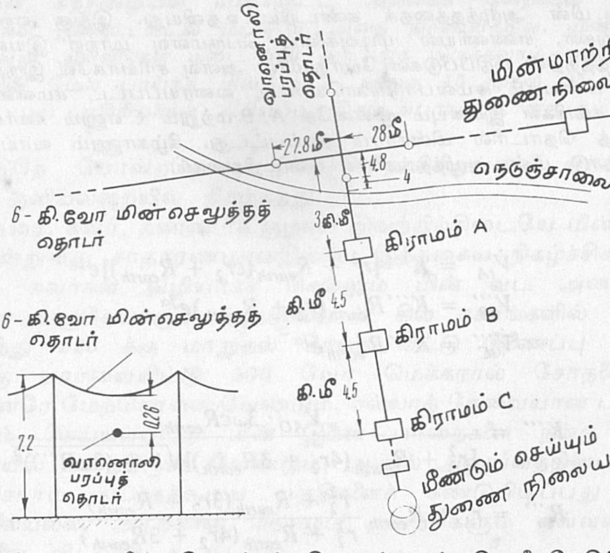
$$K''' = \frac{\dot{V}_{AO}\cdot 3\omega cR_{earth}}{[r_2^2 + R_{earth}(4r_2 + 3R_{earth})]\sqrt{1 + (3\omega R''')^2}}$$
$$R''' = r_1 + R_{earth}\frac{r_2^2 + R_{earth}(3r_2 + R_{earth})}{r_2^2 + R_{earth}(4r_2 + 3R_{earth})}$$

$$\tan a''' = \frac{1}{3wcR'''}$$

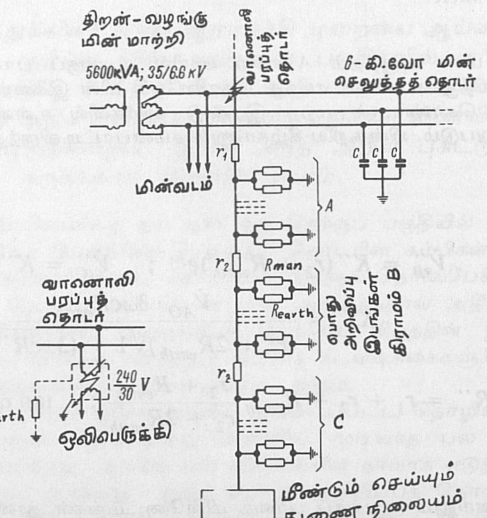
உருவான மின் அழுத்தம் A என்ற ஊரில் குறுக்குப் பாதை மின்டேட்டத்தை விளைவித்து கம்பிகள் எரிந்து தொலைபேசி மின் இணைப்பில் மின்சா விலகியதாகக் கொண்டால் மற்ற இரண்டு ஊர்களில் உள்ள தொடு மின் அழுத்தம் மாறுபடும். பின்கூறிய கீழ்காணும் சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படும்:
இங்கு

$$\dot{V}''_{tB} = K''(r_2 + R_{earth})e^{j\alpha''}; \quad \dot{V}''_{tC} = K''R_{earth}e^{j\alpha''}$$
$$K'' = \frac{\dot{V}_{AO}\cdot 3\omega cR_{earth}}{(r^2 + 2R_{earth})\sqrt{1 + (3\omega cR'')^2}}$$
$$R'' = r_1 + r_2 + R_{earth}\frac{r_2 + R_{earth}}{r_2 + 2R_{earth}}; \quad \tan\alpha'' = \frac{1}{3\omega cR''}$$

B எனும் ஊரிலும் குறுக்குப் பாதை மின்னேட்டங்கள் தூண்டப்பட்டதாக நாம் கொள்வோம். அப்போது C எனும் ஊரில் மின் அழுத்தம் கீழ்க்காணுமாறு பெறப்படும்:



படம். 4.5. மின் செலுத்தத் தொடர்களும் தொலைபேசித் தொடர்க் கம்பிகளும் கடக்கும் இடம்

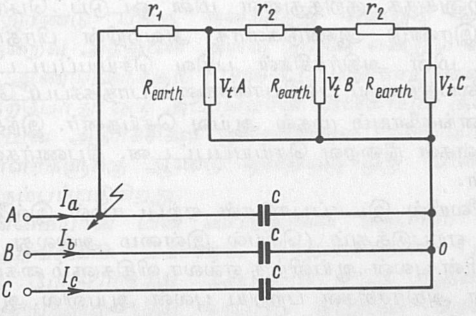


படம். 4.6. தொடர்கள் ஒன்றையொன்று கடப்பதைக் குறிக்கும் வரைபடம்

$$\dot{V}'_{t\,B} = \frac{\dot{V}_{AO} \cdot 3\omega c R_{earth}}{\sqrt{1 + (3\omega c R')^2}}\, e^{j\alpha'}$$

இங்கு, $$R' = r_1 + 2r_2 + R_{earth}; \quad \tan\alpha' = \frac{1}{3\omega c R'}$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளிலும் வாய்பாடுகளிலும் (''') எனும் குறி மூன்று ஊர்களிலும் தொலைபேசி மூலத்தின் வேலையைக் காட்டுகிறது. குறி ('') மற்றும் (') இரண்டு மற்றும் ஒரு ஊரில் உள்ள வேலையைக் குறிக்கும். $\dot{V}'''_{t\,A}$ என்பது A என்ற ஊரில் பொது அறிவிப்பு இடங்களில் காணப்படும் தொடு அழுத்தம் (மூன்று ஊர்களுக்கும் அத்தொடர்பு இயங்கும்போது); $\dot{V}''_{t\,B}$ மற்றும் $\dot{V}'_{t\,C}$ என்பன B எனும் ஊரிலும் C எனும் ஊரிலும் பொது அறிவிப்பு இடங்களில் முதலில் A லும் பிறகு B லும் தொலைபேசி இணைப்புத் துண்டிக்கப்பட்டபோது இருந்த அழுத்தங்கள். $\dot{V}_{A\,O}$ என்பது A எனும் தறுவாயின் அழுத்தத்தைக் குறிப்பது (3800 V சமமான மின் மூலத்திலின்றும் கிடைப்பது). — மின் செலுத்த தொடரின் சுற்று அலைவெண்; r_1, r_2, $R_{தரை}$ — தடைகள் (படம் 4-7).



(படம். 4-7) சம மின்னோட்டப்பாதையின் வரைபடம்

பொது அறிவிப்பு இடங்களில் வெவ்வேறு இணைப்புகளில் தொலைபேசி இணைப்புப் பாதையில் தொடு அழுத்தம் 0.03 முதல் 1100 வோல்ட் வரை இருந்தது.

ஆய்வு, தொலைபேசி மூலத்தில் ஏற்பட்ட அபாய அழுத்தங்கள் சாதனங்களுக்கும் மனிதர்களுக்கும் அபாயம் விளைவிப்பதாகக் காட்டுகிறது. இந்த அழுத்தங்கள் மின் விபத்துக்களை விளைவித்தன.

சந்திப்பின் அருகாமையிலேயே கிராமங்கள் இருந்தமையால் விபத்துக்களின் விளைவுகள் கடுமையாக இருந்தன. நிலத்திற்குப் பாயும் மின்னோட்டம் தொலைபேசிப் பாதையின் மின் தடையால் குறைக்கப்பட்டது. நெடு நேரங்களாக நில இணைப்புப் பாதை முறிக்கப்படவில்லை. அதே நேரத்தில் மின் செலுத்தத் தொடரின் மின் அழுத்தம் மிக அதிகமாக இருந்தது.

அபாயமான மின் அழுத்தங்கள் தோன்றுவதை தவிர்ப்பதற்கான வழி யாது? இந்த அழுத்தங்களை வானொலி பரப்பு மூலத்தின் இரண்டு கம்பங்களில் ஒரு மின்னல் போக்கி நில இணைப்பு உபாயத்தை நிறுவுவதால் குறைக்கலாம். இப்போது அமலில் உள்ள மின் தொடர்களை அமைப்பதற்காக உள்ள விதிகளில் இது ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. வானொலி இணைப்புப்பாதைகளில் நிலத்தோடு கிடைக்கும் மின் அழுத்தத்திற்கு அதிகமான அழுத்தம் தோன்றினால் அந்தக் கருவி வானொலி இணைப்புப்பாதையை நிலத்தோடு இணைத்து விடுகிறது. கணக்கீடுகளின்படி இக்கருவிகளின் தடைத்திறன் பத்து முதல் பதினைந்து ஓம் ஆகும். பார்த்த நிகழ்ச்சிகளில் தொடு அழுத்தம் சில மடங்குகள் குறைக்கப்படக் கூடும். அதனால் அபாயமான விளைவுகள் தவிர்க்கப்படலாம். ஆனாலும் இது பிரச்சினைக்குப் பாதி யளவு தீர்வே கொடுக்கிறது. ஏற்படக்கூடும் அபாயங்களை முழுமை யாகத் தவிர்க்க ஒலி பரப்பு, வானொலி பரப்பு தொடர்களுக்கு இடையே மின் வடச் சந்திப்புக்களை அமைக்க வேண்டும்.

நான்கு இயந்திரம் கட்டும் சாலைகளில் மின் அதிர்ச்சிகளின் பேரில் கருவி ஆய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டபோது விரிவான ஆய்வு முறை பயன்படுத்தப்பட்டது (4-1).

ஆய்வுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட உற்பத்தி சாலைகள் ஐயாயிரம் கி.ஓ.ஆ திறனுக்குக் குறித்துள்ள மின் ஓட்டுப் பொறிகள் கொண் டிருந்தன. இரண்டு ஆண்டுகளாக அவற்றின் பிரதான மின்சாரத் துறைகளில் மின் அதிர்ச்சிகள் பதிவு செய்யப்பட்டன. அவற்றின் மருத்துவ நிலையத்தினரும் பணியாளர்களும் பாதிக்கப்பட்டோரையும் பழுது பட்ட சாதனங்களையும் முதல் ஆய்வு செய்தனர். இந்த வேலையோடு கேள்வித்தாள்கள் நிறைவு செய்யப்பட்டன. நிபுணர்கள் அளவீடுகளை எடுத்தார்கள்.

இவ்வேலையில் இடர்ப்பாடுகள் ஏற்படாமல் இல்லை. மோசமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் (செயல் இன்மை அல்லது மரணம்) மின் விபத்துக்களின் புலன் ஆய்விற்கு எல்லா விதிகளும் கையாளப்பட்டன. ஆனால் மின் அதிர்ச்சிகள் பற்றிய புலன் ஆய்வில் ஆர்வம் காட்டப் படவில்லை. நிர்வாகத்தினர் பழுதுபட்ட சாதனங்களை மின்சாரத்தில் இருந்து விடுவிக்கத் தயங்கினர். விடுவித்தாலும் அது கொஞ்ச நேரமே. மின் அதிர்ச்சியின் காரணங்களை ஆய்ந்து சாதனங்களின் கோளாறுகளையும் அதன் விளைவுகளையும் வெளிப்படுத்தி அவற்றைத் தவிர்க்கும் முறைகளைக் கூறியபோது இந்த மந்த அணுகுமுறை மாறியது.

புலன் ஆய்வின் வெற்றி பாதிக்கப்பட்டோர் தரும் உதவியைப் பொருத்ததே. ஏனென்றால் அவர்களுக்குத் தங்கள் சாதனங்களின் தனித்தன்மைகள் நன்றாகத் தெரியும். தங்களது உடல் நலத்திற்கும் பொது நலத்திற்கும் ஊறு விளைக்கும் கோளாறுகளைத் தவிர்ப்பதில் அவர்களுக்கு ஆர்வம் உண்டு.

மின் அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கைக்கும் அபாயமான காயங்களுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பைக் கண்டறிய நான்கு தொழிற்சாலைகளில் நாங்கள் சேகரித்த விவரங்களை, பதினைந்து ஆண்டு காலங்களுக்கு அபாயமான காயங்கள் பற்றிய விவரங்கள் கொண்ட அறுபத்து ஆறு தொழிலகங்களுக்கு விரிவாக்க விரும்பினோம். இதைச் செய்வதற்கு நான்கு தொழிற்சாலைகளில் பதிவான மின் அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கையை நான்கால் வகுத்தோம் (தொழிற்சாலைகளின் எண்ணிக்கை). பிறகு இரண்டால் வகுத்தோம் (இரண்டு ஆண்டுகள்). கிடைத்த எண்ணை முதலில் அறுபத்து ஆறால் பெருக்கினோம். (ஒப்பிடும் தொழிற்சாலைகளின் எண்ணிக்கை) பிறகு பதினைந்தால் பெருக்கினோம் (ஒப்பிடும் 66 தொழிற்சாலைகளில் மின் காயங்கள் விவர ஆண்டுகள்).

மின் அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுவது தோராயமாக இருப்பதால் அந்தத் தொடர்பின் எல்லையைத்தான் மதிப்பிட முடிந்தது. மனித உடலில் மின்சாரம் பாய்ந்த நூற்று நாற்பது - நூற்று ஐம்பது ஆயிரம் நிகழ்ச்சிகளில் ஒரே ஒரு முறைதான் உயிர் இழப்பு நேர்ந்தது.

1951-53வரை நிகழ்ந்த மின் அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கையை நிர்ணயிக்கும் வேலை செய்யப்பட்டது. அதே தொழிலகங்களில் 1957-58 வரை நடந்த மின் அதிர்ச்சிகளின் ஆய்வு மின் அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கை இரண்டு பங்கு குறைந்தது என்றும் ஆனல் மின் காயங்களின் குறைவு அத்துணை அளவு இல்லை என்றும் காட்டுகிறது. அடுத்த மூன்று ஆண்டுகளுக்கும் (1969-71) மின்காயங்களின் குறைவு உண்மையே. தற்போது ஒரு அபாயமான மின்காயம் குறைவதற்கும் குறைவாகவே மின் அதிர்ச்சிகள் குறைகின்றன. ஒவ்வொரு இரண்டு முதிய பணியாளர்களுக்கு ஆண்டு ஒன்றிற்கு ஒரு "மின் அதிர்ச்சி" ஏற்படுவதாக நம்பப்படுகிறது.

பெரும்பான்மையான மின் விபத்துக்கள் ஏற்படும் 1,000 வோ கீழுள்ள அழுத்தங்களைக் கொண்ட சாதனங்களின் பராமரிப்பில் குறிப்பிடத்தக்க மேம்பாடுகள் செய்யப்பட்டதே இதன் காரணம். அண்மைக் காலங்களில் மின் காப்புப் பொருள் மேல் தவிர்ப்பு பராமரிப்பதற்காகச் செய்யப்படும் ஆய்வுகளின் தேவைகள் கடுமையாக்கப்பட்டுள்ளன. மின் காப்புப் பொருளின் உயர் அழுத்தச் சோதனைகள் அதிக தொழிலகங்களில் செய்யப்படுகின்றன. துரதிருஷ்டவசமாக விவசாயம் பொது உபயோகத் திட்டங்கள், கட்டுமானப் பணிகள் ஆகிய மின் விபத்துக்கள் அதிகரிக்கும் இடங்களில் முன்னேறிய தவிர்ப்பு பராமரிப்பு முறைகள் மேற்கொள்ளப்படுவதில்லை.

பல நிகழ்ச்சிகளில் உடலில் மின்சாரம் பாயும்பொழுது மகிழ்ச்சியற்ற உணர்ச்சியை மட்டும் விளைக்கும் அலகுகள் கொண்ட மின் அழுத்தங்களும் மின் ஓட்டங்களும் எப்போதாவது மோசமான மின் விபத்துக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மின் விபத்துக்கள் இன்னும்

மிக அதிகமாக ஏற்படும் துறைகளில் மின் பாதுகாப்பு முறைகள சரிவர பின்பற்றப்படவில்லை என்பதையே இது காட்டுகிறது.

எந்த் மின் விபத்தின் பேரிலும் அதன் விளைவு எதுவாக இருந்தாலும் கவனமாக முழுமையான ஆய்வு முக்கியமானது. ஏனென் ருல். அது குறிப்பிட்ட தொழிலகத்தில் அபாயப் பகுதிகளைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. பயனுள்ள பாதுகாப்பு முயற்சிகளை மேற்கொள்ள உதவுகிறது. இத்தகைய புலன் ஆய்வில் இருந்து சேகரிக்கப்பட்ட விவரங்களின் மதிப்பீடு மனிதனின் மேல் மின்னேட்டத்தின் விளைவுகள்பற்றி நமது அறிவினைப் பெருக்குகிறது.

சந்தேகம் இல்லாமல் மின் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் பொழுது அதிர்ச்சி அபாயங்களும் அதிகரிக்கின்றன. ஆனல் இந்தத் தொடர்பு அவ்வளவு எளிதானதும் நேரானதும் அல்ல. விவாதித்த நிகழ்ச்சிகள் குறைந்த அழுத்தத்தில் விளைவிக்கக்கூடிய அபாயங்களை நன்கு காட்டு கின்றன. கருவி அளவீடுகளின் முடிவுகள் 12, 36, 65 வோல்ட்டுகளில் உயிரிழப்பு விபத்துக்கள் நிகழக்கூடும் என்று காட்டுகின்றன. மின் பற்றுவைப்பு (வெல்டிங்) அழுத்தமான 65 வோல்ட்டிலும் உயிரிழப்பு விபத்துக்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகவே உள்ளது.

ஒரு விபத்தின் சந்தர்ப்பங்களின் மேல் மேற்கொண்ட கருவி ஆய்வு அமைப்பின் மின் அழுத்தத்திற்கும் விபத்தை உண்டாக்கிய மின் அழுத்தத்திற்கும் வேறுபாடு இருப்பதைக் காட்டுகிறது. ஒரு விபத்தின் விளைவிற்கும் அமைப்பின் மின் அழுத்தத்திற்கும் நேரடித் தொடர்பு இல்லாததால் காயப்படுத்தும் அழுத்தம் அமைப்பின் அழுத்தத்தை விடச் சாதாரணமாகக் குறைவாகவே உள்ளது. ஆகவே தேவையான பாதுகாப்பு இல்லாமல் குறைந்த அழுத்தத்தை மட்டும் பரவலாகப் பயன்படுத்துவது பாதுகாப்பு எண்ணத்தில் பார்க்கும்போது போலி யானதே.

மின் பற்று வைப்புச் சாதனங்களையும் உ.அ., பிற அமைப்புக்களையும் பயன்படுத்தும்போது ஏற்படும் மின் விபத்துக்கள் பாதுகாப்புப் பிணைப்பு இயக்கக் கருவிகளைப் புகுத்துவதால் குறையலாம். அவை பழுதுபார்த்தல் பராமரிப்பு செய்தல் முதலிய மின்சாரப் பகுதிகளைத் தீண்ட நேரிடும் வேலைகளின்போது மின் பாதையை விலக்குகின்றன.

இருபது மி.ஆ அளவுள்ள மின்னேட்டம் 0.2-0.3 நொடிகளுக்குள் உயிர் இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது. மின்னேட்ட அலகு அதிகமாகக் கால எல்லை குறைகிறது. மின்னேட்ட அலகு மில்லி ஆம்பியர்களில் இல்லாது ஆம்பியர்களிலேயே இருந்தபோது பாதிக்கப்பட்டவர் உயிர் இழக்காத நிகழ்ச்சிகளும் உண்டு. பாதிக்கப்பட்டவர் வலிப்பு களுக்கு ஆளானர். மின் பாதையை விலக்கியவுடன் காப்பாற்றப் பட்டார்.

மேலே கூறிய நிகழ்ச்சிகள் ஒரு விபத்தின் விளைவு மின் அழுத் தத்தையோ, மின்னேட்டத்தையோ அல்லது மின் சக்தியையோ (ஒரு கிலோவாட் மின் சக்தியால் உயிர் பாதிக்கப்படவில்லை ஆனல்

ஒரு மில்லிவாட் மின் சக்தி உயிர் இழப்பை ஏற்படுத்தியது) எடுத்துக் கொண்ட திறனையோ நேரடியாகப் பொருத்து இல்லை என்று காட்டுகின்றன. ஒருபுறம் அபாயமான அழுத்த அலகுகள் மின்னோட்ட அலகுகள் பற்றிய விவரங்களும் : முரணான தடையங் களும் பாதுகாப்பான மின் அழுத்தங்கள் பற்றிய குறைவான மதிப்பீடுகளும் மறுபுறம் அதிகமான நுழை எல்லைகளும் (100 கி. வோ) போன்றவற்றில் பாதிக்கப்பட்டவர் உயிருடன் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. இறுதியாக விபத்தின் விளைவிற்கும் அனுமானிக்க முடியாத உடல் கூறுகளின் தன்மைகளுக்கும் உள்ள தொடர்பும் - இவையெல் லாம் சேர்ந்து கீழ்க்காணும் முடிவை கொடுக்கின்றன :அபா யமான மற்றும் பாதுகாப்பான மின் அழுத்தம் மின்னோட்டம் பற்றிய ஆரம்ப இறுதி எல்லைகளைத் தொழிலகங்கள் மற்றும் வீடு களுக்காக நிர்ணயம் செய்ய மேற்கொள்ளப்படும் முயற்சிகள் ஒரு கெட்ட பழக்கமாகக் கருதப்பட வேண்டும்''. உண்மையிலேயே இது கதிரியக்கப் பாதுகாப்பினால் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. அது உள் நுழையும் கதிரியக்கம் இயற்கைப் பின் அணிக்கு அப்பால் செல்லக் கூடாது என்று விதிக்கிறது.

மின் பாதுகாப்பியலைப் பொருத்தவரையில் இந்தக் கருத்து உயர்ந்த அழுத்தங்களை உபயோகிப்பதைத் தடுக்கவில்லை. ஆனால் பொருத்தமான பாதுகாப்பு விதிகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும். இந்தக் கருத்து பொருளாதார மற்றும் பாதுகாப்புக் கண்ணோட்டத் துக்குப் பொருத்தமானதே. சொல்லப்பட்ட யோசனையைப் பழக்கத் தில் கொண்டுவர மின் சாதனங்களின் வடிவமைப்பிலும் இயக்கத் திலும் போதுமான மேம்பாடுகள் தேவை. மின் காப்பு முறையும் சாதனங்களும் குறிப்பாக மின் காப்புச் சாதனங்களின் வளர்ச்சிகளும் இந்த நடவடிக்கைகளைச் சாத்தியமாக்குகின்றன. ஆகவே தவிர்ப்பு பராமரிப்புக்கும் பழுது பார்த்தலுக்கும் ஆன முழு அமைப்பும் மேம்படுத்தப்பட வேண்டும்.

கட்டுமானம், மின் வேதியல் தொழில், வீடுகளுக்காக மற்றும் பொதுப் பயன்களுக்காகக் கருவிகள் தயாரித்தல் ஆகிய செயற்பிரிவு களுக்காக மின் பாதுகாப்பியலின் தனிப்பட்ட விதிகளை உருவாக்கு வதற்கு இது சரியான காலம், மின்னோட்டத்தின் அபாயத்தையும் விபத்து தவிர்ப்பு முறைகளின் தேவையையும் முக்கியத்துவத்தையும் விளக்கும் ஏடுகளைப் பெரும் அளவில் வெளியிடுவது உடனடித் தேவையாகும்.

ஐந்தாம் அத்தியாயம்

மின் காயங்களின் இயக்கமும் இயல்பும்

5-1. பொது மதிப்புரை

மின் காயத்தின் நுட்பம் மிகவும் சிக்கலானது. ஏனென்றால் மின்சாரம் தனிப்பட்ட உறுப்புக்களையும் திசுக்களையும் மட்டுமல்லாமல் உடல் முழுவதையும் பாதிக்கிறது.

16ம் நூற்றாண்டின் திருப்பத்தில் பிரிட்டனைச் சேர்ந்த புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானியான ஜில்பெர்ட் மனிதர்கள் மீது மின்னோட்டத்தின் விளைவுகளை ஆராய்ந்தார். 1602ல் அவரது ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை வெளியிட்டு மின்சாரத்தின் விளைவுகளால் மனித உடலில் பல வகைப்பட்ட மாறுதல்கள் தோன்றக் கூடும் என்று கூறினர். பீட்டர்ஸ் பர்க் மருத்துவ அறுவைக் கழகத்தின் பேராசிரியர் வி.பெட்ரோவ் (2-1)ல் கூறியபடி) மனிதனின் மீது மின்னோட்டத்தின் செயல் உயிருக்கு ஆபத்தை விளைக்கலாம் என்று உறுதிப்படுத்தினர். 1802ல் அவரது கால்வனோ-வோல்ட்டு மின்கலத்தைச் சரிசெய்யும்போது (மின் அழுத்தம் 1,800 வோல்ட்) அவர் தற்செயலாக அந்த மின்கலத்தின் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தொட்டுவிட்டார். தீவிர மின் அதிர்ச்சி பெற்று மூர்ச்சையடைந்தார். அவரை உயிர்ப்பிக்கத் தீவிர முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டதால் அவர் உயிர் பிழைத்தார். வி. பெட்ரோவ் இந்நிகழ்ச்சியின் அதி முக்கியத்துவத்தை உணர்ந்தார். அவரது புத்தகமான "நீர்மங்களுடன் கால்வனு-வோல்ட்டு சோதனைகளின் பதிவுகள்" எனும் நூலில் இதைப்பற்றி விவரித்துக் கடும் காயங்கள் ஏற்படுத்தக்கூடிய மின் அழுத்தங்களின் மதிப்புகளை நிர்ணயிக்க முயன்றுள்ளார். இந்த வேலை அறிவியல் உலகத்தால் பாராட்டப்பட்டது. பிரிட்டன், பிரான்சு, இத்தாலி போன்ற நாடுகளின் தேசிய நூலகங்களில் இந்தப் புத்தகம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. மனித உடலின் மேல் மின்னோட்டத்தின் விளைவுகளைக் குறிக்கும் ஆராய்ச்சி அறிக்கைகளில் இன்றும் இந்தப் புத்தகம் குறிப்பிடப் படுகிறது. வி. பெட்ரோவ் அவர்களால் துவக்கப்பட்ட வேலை கழகத்தின் பிற நிபுணர்களால் தொடரப்பட்டது. ஜில்பெர்ட் அவர்களால் புகுத்தப்பட்ட மருத்துவ முறைகளுக்கான மின் நீர்மம் எனும் கோட்பாடு அந்தக் கழகத்தால் நடத்தப்பட்ட பல்வேறு ஆராய்ச்சிகளில் வெளிப்பட்டது.

19ஆம் நூற்றாண்டின் மத்தியில் நோய்களுக்கு மின் வேதியியல் முறைகளால் மருத்துவம் செய்யும் புதிய முறைகள் மேற்கொள்ளப் பட்டன.

1862ல் முதலாம் மின் விபத்து அறிவிக்கப்பட்டவுடனும் குறிப்பாக அமெரிக்க நாட்டில் 1882ல் மின்சாரம் மூலம் கொலை தண்டனை புகுத்தப்பட்டவுடனும் உயிருள்ள உடலின் மேல் மின்சாரத்தின் விளைவுகள் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் புதிய திருப்பத்தை ஏற்படுத்தின. கொலைத் தண்டனைக்காக மின் நாற்காலியைப் பயன்படுத்துவது தொழிலகங்களிலும் வீடுகளிலும் மோசமான விளைவுகளை ஏற்படுத்திய மின் காயங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டது. மின்காயங்கள் வலியில்லாத உடனடி மரணத்தை ஏற்படுத்தக் கூடுமானால் அதனை விளக்கும் மின் அழுத்தத்தில் 8-10 பங்கு மின் அழுத்தத்தால் மரணம் மிகவும் வலியற்றும் உடனடியாகவும் இருக்கும் என்று கருதப்பட்டது.

ஆனால் மின்கொலை தண்டனை உடனடியாகவோ, வலியற்றதாகவோ இல்லை என்று விரைவிலேவே தெளிவாயிற்று. மின் கொலை தண்டனைகளைப் பார்த்துக் கொண்டிருந்த மருத்துவர்கள் அவை மிகவும் சித்திரவதை ஆனதாகவும் மோசமானதாகவும் இருக்கக் கண்டார்கள். இந்த எதிர்பாராத கூற்று மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காயங்களின் நுட்பத்தை புலனுயுமாறு நிபுணர்களைக் கட்டாயப்படுத்திற்று.

அப்பொழுது தோன்றிய வெளியீடுகள் உயிர் உறுப்புக்கள் மீது மின்னோட்டத்தின் விளைவுகள் பற்றி ஆசிரியர்கள் விரிவான ஆராய்ச்சி மேற்கொண்டார்கள் என்று காட்டுகின்றன. வெபர் என்பவரின் ஆராய்ச்சி மனித உடலின் மின் தடைத்திறன் பற்றியது. டார்சோன்வால், ஜி. கிரேட்டர் ஆகியோர் காயப்படுத்தும் மின் னோட்ட அளவுகள் பற்றி ஆராய்ந்தனர். வெளிநாடுகளில் இவர்கள் வெளியீடுகள் குறிப்பிடத்தகுந்தன.

சோவியத் நாட்டின் முதலாம் ஆண்டுகளிலேயே மின்காயங்கள் "சமுதாயக் கேடுகளாக" இருப்பதால் விஞ்ஞானிகளின் கவனத்தை ஈர்த்தன. மாஸ்கோவில் தொழில் நோய் கழகத்தில் நடத்தப் பெற்ற ஆராய்ச்சிகளில் மின்னியல் வியாதிகளும் சேர்த்துக் கொள்ளப்பட்டன. அனைத்து தொழிற்சங்கங்களின் பொதுக் குழுவைச் சேர்ந்த லெனின்கிராடு தொழிலாளர்கள் பாதுகாப்புக் கழகத்து ஆராய்ச்சி யாளர்கள் உடல் மீது மின்னோட்ட விளைவுகள் பற்றிய ஆய்வில் பின்னர் ஈடுபட்டார்கள். ஐ. பெட்ரோவ் அவர்களின் ஆராய்ச்சி தேவையான பின்னணியை அளித்தது. மேலே கூறிய ஆராய்ச்சிகள் எவ்வளவு விரிவாக இருந்தபோதும் மனித உடலின் மேல் மின் விபத்துக்களின் மாதிரி நிலைகளை ஏற்படுத்துவதிலும் விலங்குகளைத் தவருகத் தெரிந்து எடுத்ததிலும் குறைபாடுகள் இருந்தன.

1930ம் ஆண்டுகளில் பெரிஸ், கிங், ஸ்பென்ஸ் மற்றும் வில்லியம்ஸ் மேற்கொண்ட பலமுனைப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் புகழ்பெற்றதாகும். இந்த ஆசிரியர்கள் அதிக விலங்குகளைக் கொண்டு சோதனை செய்தார்கள். காயம் விளைக்கும் மின்னோட்ட அலகுகள் பற்றி விவரங்கள் பெற்றுர்கள். அவை மின் வியாதிகள் பற்றிய அறிவியல் உயர்வதற்கு

காரணமாயிருந்தன. ஆர்வம் விளைவிக்கும் அவர்களுடைய கணிப்புகள் டால்ஜியல், கோப்பென், க்வ்வென்காவன் மற்றும் பிறர்களாலும் வெளியிடப்பட்டன.

காயத்தின் மூலம் (மின்னோட்டமோ அழுத்தமோ சக்தியோ) பாதிக்கப் பட்ட உடல் உறுப்பு (இதய வேலையின் எந்தக் கட்டத்தில் மின்சாரம் மிக அபாயம் விளைக்கும்) இவற்றைப் பற்றிய விவாதங்கள் முற்றுப் பெற்றதாகத் தோன்றலாம். கிடைத்த மதிப்பீட்டு எண்கள் மின் நாற்காலியின் அபாய அலகுகளை ஒட்டி இருந்தன. அந்த ஆராய்ச்சி களின் முடிவுகள் பொதுவாக ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டுச் சோவியத் ஒன்றியத்தில் மற்றும் பிற நாடுகளில் சட்டபூர்வ ஆவணங்களாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டன.

ஆனால் மின் விபத்துக்கள் பற்றி மேலும் மேற்கொள்ளப்பட்ட கவனமான ஆய்வுகள் மனிதர்களைப் பொறுத்தமட்டில் அபாய அலகுகளை மதிப்பிடுவதில் உள்ள முரண்பாடுகளைக் காட்டின. இது நிபுணர்களை விலங்குகள் மேல் சோதனை செய்து மின்னோட்ட விளைவுகள் பற்றி ஆராய்ச்சியைத் தொடருமாறு தூண்டின.

ஜி. ஃபிரெங்கல், கே. கோலிசேவா மற்றும் ஆ. கிரெய்ன் ஆகியோர் அனைத்துச் சங்க சோதனை மருத்துவக் கழகத்தின் லெனின் கிராடு பிரிவில் செய்த சோதனைகளை இரண்டாம் உலகப் போர் தடுத்தது. ஆனால் போர்க்காலத்தில் கடற்படை மருத்துவக் கழகத்தின் சாதாரண உடலியற்பிரிவு இந்த வேலையைத் தொடர்ந்தது. ஜி. ஃபிரெங்கல் அவர்களின் பார்வையில் ஆராய்ச்சி நடத்தப்பட்டது. 1944ல் ஆ. அக்கோபியான் மற்றும் என். போட்கோபாயேவ் அவர்கள் வெளியிட்ட கட்டுரையில் இதன் முடிவுகள் உள்ளன. அவர்கள் கண்ட விவரங்கள் பி. ஓசிப்கா என்பவரால் பயன்படுத்தப் பட்டன. இந்தச் சோதனைகளுக்குப் பொருத்தமான விலங்குகளைத் தேர்ந்தெடுக்க உதவின. ஏற்கனவே பி. ஓசிப்கா ஆடுகள், பன்றிகள் போன்ற குறிப்பிட்ட வகை விலங்குகளை வைத்துச் சோதனை செய் திருந்தார்.

அந்த ஆராய்ச்சிகள் பெரும் அளவு விரிவானதாக இல்லை. ஜி. ஃபிரெங்கால் புரூன்ஸே நகரத்தில் மின்-நோய் இயல் சோதனைச்சாலை ஒன்றை அமைத்தார். மருத்துவர்கள், உடற்கூறு நிபுணர்கள், உடற்கூறு பௌதிகர்கள் மற்றும் மின் பொறியாளர்கள் துணையுடன் மின் காயங்கள் பற்றி விரிவாக ஆய்வு செய்தார். உண்மையாகவே இந் நாட்டில் முதலாவதாகக் கிர்கிஸ் குடியரசில்தான் மின்-நோய் இயல் பள்ளி ஏற்படுத்தப்பட்டது.

மின் காயத்தைப் பற்றிச் சோவியத் நாட்டிலும் வெளி நாடுகளிலும் மேற்கொண்ட சோதனை ஆராய்ச்சிகள் விலங்குகள் மீது மின்னோட்டத் தின் விளைவுகள் பற்றி நமது அறிவினைப் பெருக்கின. அதே சமயம் இந்த விவரங்களை மனித உடல்களுக்கும் நேரடியாகப் பயன்படுத்து வது தவறு என்று உணர்த்தின.

இந்த முரண்பாட்டைக் களைவதற்கு மீண்டும் மீண்டும் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. சென்ற நூற்றாண்டில் ஹெச். வெபர் மனித உடலில் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தையும் மிருகங்களின் மேல் மின்னோட்டத்தின் விளைவுகளையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தார். ஜி. டால்ஜியஸ் மற்றும் பி. ஓசிப்கா என்பவரால் இந்த விவரங்கள் பற்றி விரிவான ஆராய்ச்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. எரிச்சலூட்டும் அல்லது வலிப்பை விட்டுவிடாத மின்னோட்டங்களின் அடர்த்திகள் குறித்து அவர்கள் குறிப்பிட்டார்கள்.

என்றாலும் ''ஒரு மனிதனைக் கொல்வதற்கு அபாயமான அலகுகள் யாவை?'' மற்றும் ''இந்த அலகுகளை ஏற்படுத்தும் மிக அபாயச் சந்தர்ப்பங்கள் யாவை?'' என்னும் முக்கியமான கேள்விகள் பதில் அளிக்கப்படாமல் உள்ளன. மின் காயத்தின் நுட்பத்தைச் சரியாகப் புரிந்து கொள்வது மூலக்கூறு உடலியங்கியல், உயிரியல் ஆகியவற்றில் இறுதியாக அறிந்த சாதனைகள் மூலம்தான் இருக்க முடியும்.

5-2. உடலியங்கியல் மற்றும் உயிரியல் விளைவுகளாக மின் காயம்

உடல் உறுப்புக்களுக்கு ஏற்படும் சேதத்தின் விளைவு உடலியங்கியல், உயிரியல் நிகழ்ச்சிகளைப் பொருத்து அமைகிறது. மின் காயத்தைப் பொருத்தவரையில் உடலியல் நோக்கில் பார்த்தால் அதன் விளைவு நேரடியான வெப்ப, மின் வேதியல், மின் இயக்க விளைவுகளைப் போன்றது. மின் அணுக்களைக் கடத்தும் தன்மையுள்ள உலோகக் கடத்திகளில் மின்னோட்டத்தின் விளைவுபோல் மின்னோட்டம் அணுக்கூறுகளின் இடப்பெயர்ச்சியால் விளைகிறது. இது ஓரளவு கடத்திகளில் சம்பந்தப்பட்ட துளை கடத்தல் போன்றது. உயிரியல் நோக்கைப் பொருத்தவரையில் மின் காயத்தின் விளைவு மின்னோட்டத்தால் பாதிக்கப்பட்ட தசைகளில் ஏற்படும் உடலியல் மறிவினைகளைப் பொருத்தது.

வேறுவிதமாகக் கூறினால் மின் காயம் ஒரு உடல் இயற்பியல் விளைவு நிகழ்ச்சியாகக் கொள்ளப்பட வேண்டும். இதில் குறைந்த அழுத்தம், ஆற்றல் உள்ள நுட்பமான மின்புலங்களைக் கொண்ட உயிர் உறுப்புக்கள் திடீரென்று மிக அழுத்தமுள்ள புலங்களின் அதிக சக்தியை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டிய நிலையாகும்.

வேறு எந்த உடலுக்கு எரிச்சலூட்டும் பொருளைப் போலே, அதாவது சூடான பொருள், ஒலி, திடீர் ஒளி, மோதல் அதிர்ச்சி போன்றவை, மின்னோட்டம் (அதாவது திசுக்களால் ஏற்கப்பட்ட மின் சக்தி) திசுக்களைச் சேதப்படுத்திக் குறிப்பிட்ட பாகத்தில் மட்டும் விளைவு ஏற்படுத்துவதில்லை. உடற்கூறு முழுதும் உடனடியாகப் பாதிப்பு விளைவுகளை ஏற்படுத்துமாறு செய்கிறது.

மனித உடலால் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட மின் சக்தி மனித உடலைத் தூண்டி உடலின் அதிக அளவு உள்ள வெளி எல்லையில்

உள்ள செய்தி வாங்கினை எதிர் நடவடிக்கைகளை எடுக்கச் செய்கிறது. இத்தகைய உடலியல் எதிர் நடவடிக்கைகள் ஒன்றோடொன்று நீர்ச் சுழல்கள் போல மோதுகின்றன. உயிர் உறுப்புக்களில் உள்ள தானியங்கு கட்டுப்பாட்டுத் தொகுதியைத் தாக்குகின்றன. ஜீவாதார நிகழ்ச்சிகளைப் பாதித்துத் திருப்ப முடியாத நோயாக்கும் மாறுதல்களை ஏற்படுத்துகின்றன.

ஆனாலும் மின் விபத்துக்களின்போது தசைகளின் மீது குறிப்பாக இதயத் தசையின் மீது மின்னோட்டச் சக்தியின் நேர் விளைவு குறைவாக மதிக்க முடியாதது. ஆகவே போதுமான மின் அடர்த்தியில், அதாவது இதயத் தசை அதிக மின் சக்தியை வாங்கும்போது இதயத்தில் தசை நார் உதறல் (fibrillation)* ஏற்படலாம். இது இதயத் தசையின் செயலில் திருப்ப முடியாத விளைவுகளை ஏற்படுத்தலாம்.

பல ஆசிரியர்கள் உடலியங்கியல், உயிரியல் கண்ணோட்டத்தில் காயங்களின் விளைவுகளின் வேறுபாடுகளை விளக்குவது ஆர்வம் விளைக்கக் கூடியது. முக்கியமாகக் கடுமையான காயங்களின் விளைவுகளில் நாம் ஆர்வம் கொண்டு இருக்கிறோம். அதாவது : 1) மரணம் ; 2) உடலின் அதிகப் பகுதிகளில் எரிதல் மூலம் நிலையான அல்லது தற்காலிகச் செயல் இழப்பை ஏற்படுத்தல்; 3) நிலையான அல்லது தற்காலிகச் செயல் இழப்பை ஏற்படுத்தும் வெவ்வேறு நோய்கள் பாதிக்கப்பட்டவரின் மரணத்தை விளைத்த மின்காயங்கள் பற்றி இப்போது துவங்குவோம்.

5-3. சுவாசத் தொகுதியா? இரத்த ஓட்டத் தொகுதியா?

மின் விபத்தின்போது எந்த உறுப்பு பாதிக்கப்பட்டுள்ளது என்ற கேள்விக்குப் பதில் மருத்துவ உயிர் இயல் நோக்கில் மட்டும் முக்கியமானதில்லை. சேதத்தின் மூலத்தை, அதாவது மூலம் எதுவாக இருக்கும் என்ற கணிப்பை, அதாவது இரத்த ஓட்டத் தொகுதியா? சுவாசத் தொகுதியா? அல்லது வேறு எந்தத் தொகுதியுமா என்று நாம் அறிவது பாதிக்கப்பட்டவரை பராமரிப்பதற்கு உதவியாக இருக்கும்.

ஒரு உதாரணத்துடன் முற்கூறியதை விவரிப்போம். ஒரு தொழில் இயந்திரத்தைக் கையாண்டு மின்னோட்டத்தால் காயப்பட்டு இதயச் செயலின் மிகுந்த பாதிப்பால் சிரமப்படும் ஒரு மனிதனது சரித்திரம்

---

* இதயத் தசை நார் உதறல் எனும் நிலை, இதயத் தசைகளின் நார்கள் திடீரென உதறுவதால் இதயம் முறையாகச் சுருங்க மறுப்பதைக் குறிக்கும். இதயத்தின் சுருக்கங்கள் ஒரு நிமிடத்திற்கு நூற்றுக்கணக்கில் ஏற்படும். ஆகவே இரத்த ஓட்ட நோக்கத்தில் பார்த்தால் நார் உதறும் இதயம் என்பது இதய நடவடிக்கைகள் நின்று போனதற்குச் சமமாகும். அது உடனடி மரணத்தை விளைக்கக் கூடும்.

அவருக்கு மட்டுமின்றி பிறருக்கும் கடும் விளைவுகளைக் கொடுக்கக் கூடும். கட்டுப்பாட்டை அவரிடமிருந்து தானுக மற்ருெருவருக்குக் கொடுப்பது அல்லது அபாய அறிவிப்பின் மூலம் நடக்கவிருக்கும் தீய நிகழ்ச்சியைத் தவிர்க்கலாம். இதயத் துடிப்பை ஊக்குவித்தால் அவரது உயிரையே காப்பாற்றலாம்.

குறிப்பிட்ட விபத்து தடுப்பு நடவடிக்கைகளை மேற்கொள்ள இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் எவ்வாறு தொடங்குகின்றன, தொடர்கின்றன, முடிகின்றன என்பதைப் பற்றிய முன் அறிவு தேவையாகிறது. முதலில் பாதிக்கப்பட்டது இதயமா அல்லது சுவாச உறுப்புக்களா அல்லது வேறு தொகுதிகளுக்குச் சேதம் ஏற்பட்டிருக்கிறதா என்று தெரிய வேண்டியுள்ளது.

பழைய அனுபவம். ஆரம்பத்திலேயே இந்தக் கேள்விக்கு நேரான பதில் இல்லை என்று கூற வேண்டியுள்ளது. ஆகையால் பழைய பத்தாண்டுகளில் மின் விபத்துத் தவிர்ப்பு முறைகளில் இந்தப் பொருள் எவ்வாறு அணுகப்பட்டது என்று தெரிந்து கொள்வது பயன் அளிக்கும்.

பாதிக்கப்பட்டவர்களைச் செயற்கை சுவாசப் பயிற்சியினுல் உயிர்ப் பித்த சில நிகழ்ச்சிகளும் சில உடற்கூறு விவரங்களும் நிபுணர்களைச் சுவாசப் பாதிப்புகளே முதலானவை என்று நம்ப வைத்தன. பெயர் பெற்ற ஆராய்ச்சியாளர்களான டார்சன்வால், ஜெல்லினெக் மற்றும் கோல்ஸ்டீன் ஆகியோரும் இதே எண்ணத்தையே கொண்டிருந்தார் கள்.

ஆனுலும் உயிரிழப்பு மின் காயங்களைப் பொருத்தவரையில் சுவாச உறுப்புக்களில் ஏற்படும் பாதிப்புக்கள் முதலில் தவிர்க்க முடியாததாகக் கருதப்பட்டது. பிறகு அது மாறியது. தொழில் காயப்பாட்டைப் பற்றிய ஏழாவது அனைத்துலக மாநாட்டிலே (1935ல்) எம். ஸ்டேசன் மின் காயத்தால் இறந்தோரை "நீலங்கள்" (மூச்சு முதலாகத் திணறுவதால் ஏற்படும் மரணம்) என்றும் "வெள் ளைகள்" (இதயம் முதலாக நிற்பதால் ஏற்படும் மரணம்) என்றும் பிரித்தார். இரு தொகுதிகளின் செயல்பாடுகளும் ஒரே நேரத்தில் பாதிக்கப்படுவது நெடுங்காலமாகச் சந்தேகத்திலிருந்தது. 1930ம் ஆண்டுகளில் ஐ. பெட்ரோவ் நாய்களின் மீது நடத்திய சோதனைகள் மூலம் மரணம் இரத்த ஓட்டம் நிற்பதாலோ சுவாசம் நிற்பதாலோ அல்லது ஒரே நேரத்தில் இரண்டும் பாதிக்கப்படுவதாலோ நிகழலாம் என்று காட்டினுர்.

ஐ. பெட்ரோவ் அவர்களால் கீழ்க்காணும் விவரங்கள் அடையப் பெற்றன: உயிரிழப்பு ஏற்படாத நிகழ்ச்சிகளில் இதயம் சுவாசத்துக்கு முன்னுல் இரண்டு சதவீத நிகழ்ச்சிகளில் பாதிக்கப்பட்டது; வேறு இரண்டு சதவீதங்களில் இது நேர்மாருக நிகழ்ந்தது; 96 சதவீதங்களில் இரண்டும் ஒரே நேரத்தில் நிகழ்ந்தன. உயிரிழப்புக் காயங்களில் இதயம் சுவாசத்திற்கு முன்னுல் 44 சதவீதங்களிலும் சுவாசத்திற்குப்

பிறகு 44 சதவீதங்களிலும் இரண்டும் ஒன்ருக 12 சதவீதங்களிலும் தடைப்பட்டன.

பிறகு மின் நோய் இயல் சோதனைகள் முன்னேறியதன் பின்னர் ஆராய்ச்சியாளர்கள் மின் காயங்கள் இதய நார் உதறலில் துவங்கித் திருப்ப முடியாத இதய முறிவில் முடிகின்றன என்பதற்குத் தேவை யான விவரங்கள் சேகரித்தார்கள். இதைக் குறிப்பிடுவதற்கு வீ. நெகோவ்ஸ்கீ பெற்ற விவரங்களும் அவரது மேற்பார்வையில் வேலை செய்த ஆராய்ச்சி குழுவினர் (குறிப்பாக என். குருவிச்) பெற்ற விவரங்களும் பயனானவை. அவர்கள் பெற்ற விவரங்கள் டால்ஜியல், பொரீஸ் போன்ருரின் சோதனைகளின் முடிவுகளோடு ஒத்திருந்தன. மின் அதிர்ச்சியின் விளைவாக நேரடி மரணம் விளைகிறது என்னும் கொள்கையை இந்த விவரங்கள் பின்னுக்குத் தள்ளின. நேரடி மரணத்தின் போது மனித உடல் ஒரு அந்தர நிலையில் இருக்கிறது. மனிதன் இறந்தது போல் தோன்றுகிருன்*

மின்காய நுட்பங்களின் ஆராய்ச்சியின் இரண்டாவது கட்டமே இதய நார் உதறல் கோட்பாடு. இந்தக் கட்டத்தில் மேலே கூறிய ஆசிரியர்கள் பல்வேறு நிலைகளில் பல்வேறு மிருகங்கள் மேல் மேற்கொண்ட சோதனைகளில் கண்டது போல் உயிரிழப்பு ஏற்படுத்தும் மின்காயங்கள் இதய நார் உதறலில் துவங்குவதாக முடிவு செய்தனர். இந்தக் கருத்து மின்காயப்பட்ட நபர்களைப் பார்வையிட்டதில் உறுதிபடுத்தப்பட்டது.

ஆனுலும் மின் காயங்களின் மூலம் ஏற்படும் மரணத்தின் காரணங்களை நரம்பியல் மற்றும் நவீன யுக்திகளோடு ஆராயும் பொழுது அனுபவம் உள்ள நீதி-மருத்துவ ஆய்வாளர்களும் நோயியல் ஆளர்களும் செய்த சோதனைகள் மூச்சு நிற்பதை மரணத்தின் காரணமாகக் கூறுவதற்கு உதவுகின்றன. 1,000 வோல்ட்டுக்குக் கீழே உள்ள அமைப்புக்களிலும் குறிப்பாக 36 மற்றும் 65 வோல்ட்டு அமைப்புக்களிலும் நடந்த மின் காயங்களை ஆய்ந்து பெற்ற விவரங்கள் இந்தக் கூற்றிற்கு ஒத்துவருகின்றன. உண்மையிலேயே இந்நிகழ்ச்சிகளில் மின்சாரம் சில மில்லி ஆம்பியர்களுக்கு மேல் இருந்திருக்க முடியாது. இந்த மின்னேட்டம் இதயத் தசையை நேரடியாகத் தாக்கினுலும் நார் உதறல் ஏற்படாது.

இப்பிரச்சினையின் மூன்ருவது கட்டத்தில் இதய நார் உதறலுக்கு அளிக்கப்பட்ட பெரும் பங்கு கேள்விக்குறியாகிறது. இந்த விஷயத்தில்

* வீ. நெக்கோவ்ஸ்கீ அவரின் இணை ஆசிரியர்களும் இதய நார் உதறல் இல்லாது மின் அதிர்ச்சி மரணம் விளையும் சாத்தியக்கூறைச் சந்தேகிக்கவில்லை. ஆனுல் வெளியிடப்பட்டுள்ள பல்வேறு உரைகள் மின் காயம் நேரடி மரணத்தை விளக்கும் என்பதைக் கேள்விக்குறியாக்கின. ஏனென்ருல் மரணம் மூச்சு நிற்பதாலோ இதய நார் உதறுதலாலோ வேறு கோளாறுகளாலோ அல்லது இவற்றின் மொத்த விளைவுகளாலோ ஏற்படக் கூடும். இவற்றிலும் இதய நார் உதறல்தான் மிக அபாயமானதாகவும் அடிக்கடி நிகழ்வதாகவும் கருதப்படுகிறது.

ஐ. மிசன்கோ அவர்களால் முக்கியமான விவரம் கொடுக்கப்பட்டது. அவர் இதய நார் உதறலை ஏற்படுத்தும் மிகக் குறைந்த மின்னோட்டம் ஆண் களுக்கு 250 மில்லி ஆம்பியரும் பெண்களுக்கு 220 மில்லி ஆம்பியரும் ஆகும் என்று கூறினார். இந்த விவரங்கள் கேப்பென் மற்றும் பான்ஸ் பெற்ற விவரங்களோடு ஒத்திருந்தன. இது உண்மையானால் 220 வோல்ட்டு மின் மூலங்களில் ஒரு முனை தொடுவதினால் (காயம் 127 வோல்ட் அல்லது கீழே உள்ள அழுத்தத்தால் ஏற்படுகிறது) ஏற்படும் உயிரிழப்புக் களுக்கு இதய முறிவு முதல் காரணமல்ல என்றாகிறது. இத்தகைய அழுத்தங்களில் தேவையான மின்னோட்டத்தைப் பெறுவது மனித உடலோடு மின் தடைகள் இணைக்கப்படாவிடிலும் சாத்தியமற்றது. துரதிர்ஷ்டவசமாக ஐ. மிசன்கோவின் ஆர்வம் மிக்க ஆராய்ச்சி "இதய நார் உதறல்" கோட்பாட்டை நம்புவர்களிடம் எந்த விளைவையும் ஏற்படுத்தவில்லை.

சோதனை விவரங்களில் குறைபாடுகள். "இதய நார் உதறல்" கோட்பாடு சோதனை மின் காயங்களின் விவரங்களின் ஆராய்ச்சியால் ஏற்பட்ட முடிவுகளால் தகர்க்கப்பட்டது. குறிப்பாகச் சோதனை விவரங்களை மனிதனுக்கு நேரடியாகப் பயன்படுத்துவது சாத்திய மில்லை. மரணத்திற்கு இதயநார் உதறல் முக்கிய காரணம் எனும் நம்பிக்கை நாய்களின் மேல் மேற்கொண்ட சோதனைகளால் ஏற்பட் டது. மனிதனுக்கும் நாய்களுக்கும் மின் தடையில் மிகுந்த வேறுபாடு உண்டு.

ஒரு நாயின் முன்காலுக்கும் பின்காலுக்கும் இடையே மின்சாரம் பாய்ச்சுவதால் ஏற்படும் மின்காயம் எப்பொழுதும் இதய நார் உதறலால் மரணத்தை ஏற்படுத்தும்*. இதயநார் உதறல் அன்றி வேறு காரணத்தால் நாய்க்கு மரணம் உண்டாக்குவதற்கு மிகவும் செயற்கையான வேறுபட்ட மின்வாய்களைத் (electrodes) தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். ஜி. லியூபன் மின் வாய்களை ஒரு பெருச்சாளியின் இரண்டு காதுகளில் வைத்து மின் அதிர்ச்சி சோதனை செய்தார். மற்றும் ஒரு ஆராய்ச்சியாளர் (எம். டர்கமெனோவ்) மேலும் சிக்கலான சோதனை நிலையங்களில் நேரடி சாவினை ஏற்படுத்திப் பார்த்தார். முற்றிலும் அரிதான நிகழ்ச்சிகளில் கே. அசிப்பேயவ் இதயநார் உதறலைத் தவிர வேறு காரணங்களால் மின்னோட்டம்

---

* நாய்களுக்கும் மனிதர்களுக்கும் மின் தடைகளில் மிகுந்த வேறுபாடு இல்லை. ஆனால் ஒரு நாயின் இதயம் தானாகவே இதய நார் உதறலிலிருந்து மேம்பட முடியாது (என். குருவிச்). அதே நேரத்தில் ஒரு மனிதனின் இதயம் (எல். ஃபொகெல்சோன்படி) இந்நிகழ்ச்சியில் மேம்பட முடியும் (—பதிப்பாளர்).

(நாயின் உடலில்* முழுப் பாதையிலோ அல்லது சாய்வு பாதையிலோ பாயும்பொழுது) மரணத்தை விளைவிக்கும் என்று கண்டார். ஆகவே மின் விபத்துக்களால் மரணம் விளைப்பது இதயமா சுவாச உறுப்பா எனும் கேள்வி மின்சாரம் பாயும்பொழுது நாய்களில் நிகழ்வது போல் மனித உடலில் இதய நார் உதறல் தோன்றுகிறதா என்னும் கேள்வியாகச் சுருங்குகிறது.

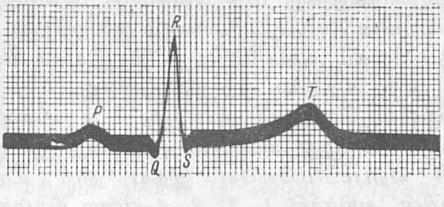
சில ஆராய்ச்சியாளர்கள் நாய்களுக்கும் பூனைகளுக்கும் ஏற்படும் மின் காயங்களில் ஒப்புமை கண்டிருக்கிறார்கள். வெள்ளை எலிகளுக்கும் மின்னோட்டத்தால் உடனடி மரணம் விளையும்போது அது பொருந்தும் எனப்பட்டது. பிற்கூற்று வி. எஸ்கின் என்பவரால் எதிர்க்கப்பட்டது. இந்த ஆசிரியர் மின் நோயியல் சோதனைகளுக்காக விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படும் வெள்ளை எலிகளை வைத்து (சமமான தொடு தடைத் திறன்களுடன் ஆனவை) சோதனைகள் செய்தபோது முழுப் பாதைகளில் மின்சாரம் பாய்ந்தபோதும் இதய நார் உதறலால் அல்ல மூச்சு முதலாக நின்றதால்தான் உடனடி மரணம் எப்பொழுதும் ஏற்பட்டது என்று கண்டார். மின் காயங்களால் ஏற்படும் சுவாச எதிர் விளைவுகளை ஆராய்வதற்கு எலி சவுகரியமான பொருள், முதலாக இதய முறிவை ஆராய்வதற்கு அல்ல என்று தெளிவாக்கு கிறது. எலிகள் போன்ற மிருகங்களில் இதய நார் உதறல் ஏற்படு வதில்லை ஏற்பட்டாலும் மின் சுழற்சி நின்றவுடன் அதுவும் நின்று விடுகிறது.

மின்னோட்டத்தால் பாதிக்கப்பட்டவர் நினைவோடு இருந்தாலும் உதவிக்காகக் கத்த முடிவதில்லை எனும் உண்மை சுவாச உறுப்புக் களுக்கு முதலில் சேதம் நேருவதைக் காட்டுகிறது. சத்தம் எழுப்ப முடியாமைக்குக் காரணம் குரல் உறுப்பின் பெருக்கம் அல்லது வலிப்பு. சிறப்பு ஆராய்ச்சி நடத்திய ஏ. கிரீன்பார்க் மின் காயத்தின் போது குரல் உறுப்பு பாதிக்கப்பட்டது என்று கூறினார். ஆனால் எம். டர்க்மெனேவ் மிருகங்கள் மேல் சோதனை செய்து இதனை உறுதிப்படுத்தவில்லை. மிருகங்கள் மேல் நடத்திய சோதனை விவரங்களை மனிதனுக்குப் பயன்படுத்துவது எவ்வளவு சிக்கலானதும் அபாயமான தும் என்பதை இது காட்டுகிறது.

மின் விளைவின் ஆரம்ப நேரத்தின்போது இதய சுற்றுமுறை. மின் காயங்களின் விளைவான மரணத்தின் மூல காரணமாகச் சுவாச உறுப்புக்களில் சேதத்தைக் குறிப்பிடுபவர்கள் இதயத்திற்கு நேரடி யாகக் காயம் ஏற்பட்டிருக்கும் சாத்தியக்கூற்றை மறுக்கமாட்டார்கள். அத்தகைய சாத்தியக்கூறு கேள்விக்கு அப்பாற்பட்டது. கணநேர மின் அதிர்ச்சிகளுக்குக்கூட இதயம் எதிர் விளைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது.

---

* முழுப்பாதை என்பது முன்னங்கால்களுக்கும் பின்னங்கால்களுக்கும் இடையில் மின்சாரம் பாய்வது. சாய்வுப் பாதை என்பது இடது முன்காலுக்கும் வலது பின் காலுக்கும் இடையே மின்சாரம் பாய்வது.



படம். 5-1. மனிதனின் சாதாரண மின் இதய வரைபடம்
P -இதய மேலறைச் சுருக்கம்; Q.R.S.T -இதயக் கீழறைச் சுருக்கம்

இதயம் தனது செயலின் எந்தக் கட்டத்தின் போது மின்சாரத்தால் தாக்கப்படுகிறதோ அதைப் பொருத்தே அதன் பாதிப்பு இருக்கிறது. இதயத்தின் செயல் முறையானது இதயத்தின் ஒரு விரிதலும் ஒரு சுருங்கலும். இது இதயத்தின் ஒரு சுற்று முறை என்று கூறப்படுகின்றன. இதய சுற்று முறை பலவிதங்களில் பதிவு செய்யப்படலாம் தற்பொழுது இதயத் துடிப்பிற்கு முன்னால் இதயத் தசையில் விடுவிக்கப்படும் உயிர் மின்னோட்டங்களைக் கொண்டு அது பதிவு செய்யப்படுகிறது. இந்த முறை இதய மின் இயல் வரைவு (electro cardiography) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒரு சாதாரண இதய மின் இயல் வரைபடம் படம் 5-1 உள்ளது போல் தோன்றும். அந்தப் படத்தை நாம் விளக்குவோம். மேல் அலை 1 - இதய மேலறையின் இயக்கத்தைக் குறிப்பிடுகிறது. அலைகள் 2, 3, 4 மற்றும் 5 இதயக் கீழறைகளின் சுருக்கத்தைக் குறிப்பிடுகின்றன. இது கீழ் அறை இயக்கம் (Ventricular complex) என்று சொல்லப்படும். இதயத் தசை 2-3-4-5 இயக்கக் காலத்தில் தூண்டப்படக்கூடியதல்ல. 5 எனும் நிலையில் (கீழ் அறை இயக்கத்தின் முடிவில்) தூண்டப்படும் தன்மை ஓரளவிற்குத் திரும்புகிறது. 3 எனும் கட்டத்தில் மின்னோட்டம் இதயத்தில் குறைவான பாதிப்பையே ஏற்படுத்துகிறது. 5 எனும் அலையின் மேல் நோக்கிச் செல்லும் பகுதிக்கட்டத்தில் மின்காயம் ஏற்படுத்தும்பொழுது இதய நார் உதறல் சாதாரணமாக விளைகிறது.

இதய சுற்று முறை காலத்தைவிட மின்னோட்டம் பாயும் காலம் அதிகமாக இருப்பது மட்டுமல்லாமல் குறைவாக இருக்கும்போதும் திரும்பமுடியாத இதய நார் உதறலில் விளைவது அபாயம் மிகுந்ததே. ஒரு இதயச் சுற்று முறைக்கு அப்பாற்படாமல் கணநேர மின்னோட்டம் இருக்கும்போதும் ஏற்படும் நார் உதறல் பற்றிப் பார்ப்போம். இதயத்தின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டத்தின் ஒரு அளவை அடைந்து

இதயம் வழக்கத்திற்கு முன்னுலேயே சுருங்குகிறது. இது கூடுதல் கீழ் அறை சுருக்கம் (extrasystole) எனப்படுகிறது. மின்னேட்ட அளவு அதிகமானுல் இந்தச் சுருக்கம் இன்னும் முன்னதாக விளையும். இதயத்தைத் தாக்கும் மின்னேட்ட ஊசலாட்ட அளவு பெருகியவுடன் அது இந்தத் தூண்டுதலுக்கு மிக வேகமாக ஆளாகிறது. விளைவாக இதய சுற்று முறையின் காலப் பரிமாணம் குறைகிறது. அதையொட்டி இதயம் சுருங்கும் வேகம் அதிகரிக்கிறது. இறுதியாக மின்னேட்டத்தின் விளைவு இதய நார் உதறலை ஏற்படுத்துகிறது.

மின் பாதையில் செல்லும் மின்னேட்டம் மில்லி ஆம்பியர்கள் அளவில் இருக்கும்பொழுது அலையின் ஐந்தாவது இடத்தின் உச்சத்தில் மின் அதிர்ச்சி ஏற்படாமலேயே இதய நார் உதறல் நடக்கும். அதே அளவு மின் அதிர்ச்சி 1, 2, 3, 4 என்ற நிகழ்ச்சிகளின்போது, அதாவது இதயக் கீழறை விரிதலின்போது (in the diastole) நேரிட்டால் சாதாரணமாக இதய நார் உதறல் ஏற்படுவதில்லை.

பிரச்சினையின் இப்போதைய நிலை பிரச்சினை முடிவடையவில்லை. ஆகவே மின்னேட்டத்தால் பாதிக்கப்பட்டவர்களுக்கு எது அபாய மானது, சுவாசித் தொகுதியின் சேதமா? இதய முறிவா? எனும் கேள்வி இன்னும் விவாதத்திலேயே இருக்கிறது. சில நவீன ஆராய்ச்சி யாளர்கள் முதல் மின் நோய் இயல் ஆளர்களின் உரைகளைக் கொண்டு பல நபர்கள் செயற்கை சுவாசிப்பு முறை மட்டும் மேற்கொள்ளப்பட்டு இதயநாருதறலைச் சீர்படுத்த முயற்சிகள் மேற் கொள்ளப்படாதபோது இறக்க நேரிடுவதில்லை என்பதைக் குறிப்பிடு கிருர்கள். இது மனித இதயம் இதயநாருதறல்களிலிருந்து தானுகச் சீர்படுவதற்குப் பெற்றுள்ள திறனுகக் கருதப்பட்டது. எனவே எல். போகல்ஸன் சோவியத் நாட்டின் ஒரு சிறந்த இதய நிபுணர் "மனிதன் இதயம் நாருதறல் நிலையிலிருந்து சீர்பெறும் தன்மையுள் ளது" என்று எழுதினர். இதே கருத்து உள் நாட்டிலும் வெளிநாட் டிலும் உள்ள பல விஞ்ஞானிகளால் ஆமோதிக்கப்பட்டது. அவர்கள் நாய்களின் நாருதறல் தன்மையை மனிதர்களுக்குக் கணக்கிடுவதை ஒப்புக் கொள்ளவில்லை . "மனித நார் உதறல்" அபாயம் மிகுத்துக் கூறப்பட்டுள்ளது என்று கருதுகிருர்கள்.

பிற ஆராய்ச்சியாளர்கள் சிலர் மனித இதயத்தின் அத்தகைய திறனை மறுக்கிருர்கள். இந்தக் கருத்து சோவியத் ஆராய்ச்சியாளர் என். குருவிச் மற்றும் லி. பெர்விஸ் போன்ற வெளி நாட்டு ஆசிரியர்களால் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. அவர்கள் நேரடியாக மின்னேட்டத்தால் தாக்கப்பட்ட இதயக் கீழறைகளின் முதலான நாருதறல் விளைவாகக் கடும் காயங்கள் நிகழ்கின்றன என்று கருது கிருர்கள். இவர்களுடைய கூற்றின்படி மின்னேட்டத்தால் ஏற்படும் மரணம் எப்போதும் இதய முறிவினுலேயே ஏற்படுகிறது. இந்தக் கருத்தை நிலைநாட்ட "மரணம் மனிதனுக்கு இதயத்திலேயே வருகிறது"

எனும் ஜெர்மன் மருத்துவர்களது பழமொழியை நினைவு கொள்கிறார்கள்.

மூன்றாவது நிபுணர் குழு மின்சாரத்தால் காயமுற்ற மனிதர்களுக்கு இதயத் தசையில் ஏற்படும் சேதத்தை ஒப்புக் கொள்ளும்போது பல நேரங்களில் மின்காயத்தால் அடிக்கடி ஏற்படும் இறப்பு சுவாசத் தொகுதியின் பாதிப்பினாலே நிகழ்கிறது என்றும் கடைசியாக இதயச் செயல்பாடு நிற்கிறது என்றும் கருதுகிறார்கள்.

வெவ்வேறு ஆராய்ச்சியாளர்களின் கருத்துக்கள் முரணாக இருந்தாலும் ஒன்றை மட்டும் அனைவரும் ஒப்புக்கொள்கிறார்கள். அதாவது உயிரிழப்பு விளைக்கும் மின் காயத்தின் நுட்பம் அறுதியிட்டு விளக்கமுடியாதவரை முதல் உதவி மற்றும் மருத்துவ சிகிச்சை சுவாச உறுப்பு மற்றும் இதயம் இரண்டும் பாதிக்கப்பட முடியும் என்ற அடிப்படையிலேயே மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும் என்பதாம்.

மனிதன் - ஒரு தன்னைத்தானே கட்டுப்படுத்தும் அமைப்பு.

ஆசிரியர் இந்தப் புத்தகத்தில் மின்காயங்களால் ஏற்படும் இறப்புக்கு "நீலம்" மற்றும் "வெள்ளை" காரணங்கள் பற்றிய விவாதங்களைத் தீர்க்க முடிவு செய்யவில்லை. ஆனாலும் அந்தப் பிரச்சினையின் உண்மையைப் பற்றிக் குறிப்பிட வேண்டியிருந்தது. உயிரிழப்பு மின்காயங்களில் எது மேலோங்கி இருக்கிறது - இரத்த ஓட்டத்தில் தடையா? மூச்சுவிடுவதில் தடையா? சாதாரண நிலையிலே இவை ஒன்றோடொன்று தொடர்புள்ளன. உண்மையாகவே சுவாச மற்றும் இரத்த ஓட்டத் தொகுதிகள் ஒன்றோடொன்று தொடர்புள்ள ஒரே இயக்க அமைப்பாகும். இந்த அமைப்பு ஒரு தானியங்கு கட்டுப்பாட்டு அமைப்பேயாகும். இதயம் சுவாச மையத்தினாலே தூண்டுதல்கள் பெறுகிறது. சுவாசத் தொகுதி தனது சிக்கலான இயக்கங்களை இரத்த ஓட்டத்தின் சீரான நிலைமைகளிலேயே செய்ய முடிகிறது.

ஆனால் மனித உடலில் மின்னோட்டத்தின் மூலம் ஒரு காயம் ஏற்படும்போது மனித உடல் மின் சக்தியின் குறிப்பிட்ட அளவு பகுதியை ஏற்றுக்கொள்கிறது. இந்த மின் சக்தி முக்கிய உறுப்புக்களில் தானியல் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பை (இரத்த ஓட்டம்) பாதிக்கிறது. இவ்வாறாக ஒரு விசித்திரமான தவறு சுற்று நிகழ்ச்சிகளை நாம் காண்கிறோம். ஒரே இயக்கப் பகுதியின் எந்த இடத்திலும் பாதிப்பு நேரிட்டாலும் முடிவு இதயத்திலேயே நேரிடுகிறது. காயங்களின் விளைவுகள் இதயச் செயல்பாட்டின் முடிவோடு நின்றுவிடுகின்றன. விளைவாக மரணம் ஏற்படுகிறது.

இந்நூலின் ஆசிரியர் பொறியாளராக இருப்பதால் ஒரு நல்ல உதாரணத்தைக் குறிப்பிடலாம். நூற்றுக்கணக்கான மின் ஆக்கப் பொறிகளையும் பரந்த எல்லையில் உள்ளே செல்லுகின்ற ஆயிரக் கணக்காண கிலோமீட்டர் நீளமுள்ள உயர் அழுத்த மின் செலுத்தத் தொடர்களையும் கொண்ட பத்துக்களில் உள்ள மின் வழங்கு நிலையங்கள் உள்ளடங்கிய . மின் வழங்கு அமைப்பே அது. இந்தச்

சிக்கலான அமைப்பு முழுவதும் ஒரு நொடிக்கு ஐம்பது சுற்றுகள் (50 Hz) எனும் விரைவில் இயங்குகிறது. இந்த அமைப்பின் ஏதாவதொரு இணைப்பில் பெரியதொரு சேதம் நேரிட்டால் இடர்பாடு அருகு உள்ள நிலையத்திலோ அதன் மின் ஆக்கப் பொறிகளிலோ நேரிடும். இந்தப் பொறிகளின் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை குறைய லாம், விரைவு குறையலாம், அதன் விளைவாக நிலையம் ஒழுங்கிலிருந்து விலகி இணைப்பிலிருந்து விடுபடலாம். இறுதியாக அமைப்பு முழுதுமே பழுதுபடலாம். மின் வழங்குதல் தடைப்படலாம். ஆனால் மாறான வேறொரு விளைவும் நடக்கக் கூடும். அமைப்பின் வேறு மின் வழங்கு நிலையங்கள் தாமாகவே மின் மூலத்திற்கு மின்சாரம் வழங்கக் கூடும். விளைவாகச் சேதத்தையும் சமாளித்து மின் வழங்குதல் தொடரக் கூடும்.

இதே போன்றே மனித உடலில் ஏற்படும் எல்லாக் காயங்களும் (மின் காயம் உள்ளிட்டு) காலத்தால் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பான உடல் இயங்கு இயல் தொடர் நிகழ்ச்சிகளின் விகிதத்தைப் பாதிக் கின்றன. சாதாரண உயிர் நிலையில் சில நிகழ்ச்சிகள் ஒரே நேரத்தில் நிகழ்கின்றன, சில குறிப்பிட்ட கட்டங்களில் நிகழ்கின்றன, சில குறிப்பிட்ட வரிசைகளில் நிகழ்கின்றன. இந்தத் தொடர் நிகழ்ச்சிகள் நடக்கும் உறுப்புக்களும் திசுக்களும் மின் வழங்கு அமைப்பின் பகுதிகளைப் போல் சீரியக்கத் தொடர்புள்ளன.

"கே. அசிப்பேயவ் கூறியபடி தானியல் கட்டுப்பாடு உறுப்புக்களின் எல்லா உறவுகளும் மிக அனுகூலமான நேர் விகிதத்தில் காணப்பட வேண்டும். இதயம் உடலியங்கியல் நிகழ்ச்சிகள் காலக் கட்டங்களில் தவறாது நிகழும் முறை சுற்று தன்மையுடையவை என்பதே நல்ல உதாரணம். இதய மேலறைகள் சுருங்குவது இதயக் கீழறைகள் தனது இரத்தத்தை வெளியே செலுத்தி மேலறைகளிலிருந்து இரத்தத்தை வாங்கத் தயாராக இருக்கும் கட்டத்திலேயே நிகழ்கிறது"

வழக்கமான சுற்று முறை பாதிக்கப்பட்டு மேலறைகள் சுருங்கும் பொழுதே கீழறைகளும் சுருங்குகின்றன என்று வைத்துக்கொள்வோம். விளைவாக இரத்த ஓட்டத்தின் ,, இதயத் தடை ,, என்று கூறப்படும் அபாயமான பாதிப்பு நேரிடுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியில் சாதாரணமாகக் கடும் விளைவு உண்டாகிறது. ஆனால் மற்றும் ஒரு பழுது நேரிடலாம். அதுதான் கடும் காயத்தை ஏற்படுத்தும் இதயநாருதறல். பாதிக்கப் பட்ட சுவாச அல்லது இரத்த ஓட்டத் தொகுதிகள் மின் சக்தியை ஏற்றுக்கொள்ள இயலாமலும் தொடர்ச்சியான தூண்டுதல்களைத் தாங்க இயலாமல் ஏற்படும் நோய் விளைவுகளும் நேரிடுகின்றன. இறுதியாக மின் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டு கடுமையான மின்காயம் ஏற்படக்கூடும். காய அதிர்ச்சியின் மின்சார மாதிரி இதுவரை உறுதிப்படுத்தப்படாவிட்டாலும் அதைத் தனியாக வகைபாடு செய் வது தேவை என்று நம்புகிறோம்.

இதயத் தானியல் கட்டுப்பாட்டுத் தொகுதியைப் பாதிக்கும் வேறு வகைகள் பற்றி நாம் கூறப்போவது இல்லை. ஏனென்றால் நாம் பொருளைத் தாண்டி வெகுதூரம் செல்லக் கூடும். இதயம் ஒரு இயக்கத் தொகுதியாகவே சுருங்கவேண்டும். குறிப்பிட்ட வரிசை யுடனும் இடைவெளியுடனும் வீச்சின் தன்மைகளுடனும் தானியல் கட்டுப்பாட்டிற்குள் அது இயங்க வேண்டும் என்று அறுதியிட்டுக் கூற விரும்புகிறோம். இல்லாவிட்டால் மனித உடலில் முக்கிய பகுதியாகிய இதயம் பணிக்குத் தகுதி இல்லாததாக ஆகிவிடும்.

மின்னோட்டம் மனித உடலில் பல்வேறு பகுதிகளில் (உறுப்புக்கள், திசுக்கள், அமைப்புக்கள்.) பாயும்பொழுது மின் சக்தி ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த ஏற்றுக்கொள்ளலின் இயற்கை, பரப்பு, செயல் முறை பல தொடர்புள்ள காரணங்களைப் பொருத்து அமையும். அவையாவன மின்சாரம் உடலின் எந்த உறுப்பின் மூலம் பாய்கிறது (எந்த உறுப்பின் வழியாகவும் மின்சாரம் பாய முடியும்). மின்சாரம் உடலினுள் நுழைதல், அபாய அலகுகள் (மின்னோட்டம், மின் அழுத்தம் முதலியன) என்பவையாகும். இந்தக் காரணங்கள் எல்லாம் ஏதாவதொரு தானியல் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பைப் பாதிக்கும். இது சில நேரங்களில் சுவாசத்தொகுதி அதிகம் பாதிக்கப்படுவதற்கும் சில சமயங்களில் இதயம் நேரடியாகப் பாதிக்கப்படுவதற்கும் சில நேரங்களில் இரத்தக் குழாய்கள் பாதிக்கப்படுவதற்கும் அல்லது நரம்பு மண்டலங்கள் சேதம் அடைவதற்கும் விளக்கம் தருகிறது. ஆனால் முதற்குறி எதுவானாலும் தானியல் கட்டுப்பாடு கடைசியில் பாதிக்கப்படுகிறது. இதயம் நின்று விடுகிறது.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து மின் பாதுகாப்பு பிரச்சினைகளை வகுக்க உதவும் ஒரு முடிவு கிடைக்கிறது: இதயத்தைப் பாதிக்கக் கூடிய பல்வேறு முறைகளும் இடங்களும் மின் பாதையின் அலகுகளுக்கும் காயத்தின் விளைவுக்கும் நேரடியான தொடர்பு இல்லை என்று காட்டுகின்றன. இவற்றிற்குள்ள தொடர்புகள் மிகச் சிக்கலானவை: அதிகப்படியான ஒன்றிற்கொன்று தொடர்புள்ள ஒன்றையொன்று பொருத்த காரணங்களைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கப்படுபவை. வரும் அத்தியாயத்தில் இவை விரிவாக விவாதிக்கப்படும். இந்தக் குறிப்பு களின்படி இவ்வாசிரியர் எஸ். ஜெல்லினக் என்பாரின் கோட் பாடுகளை ஏற்றுக்கொண்டு நிலைநாட்ட விரும்புகிறார். எஸ். கேப்பென் மற்றும் பி. ஓசிப்கா என்பார் மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொருத்து காய விளைவு அமைகிறது என்று கூறுவதை ஆசிரியர் ஏற்றுக்கொள்ள வில்லை.

5-4. விழிப்புக் காரணி

உயிரிழப்பு மின் காயத்தின்போது முதலில் சேதமாகும் அமைப்பு பற்றிய முரணான கருத்துக்களுக்கு (சுவாச தொகுதியா? இதயத்

தொகுதியா?) மைய நரம்பு மண்டலம் ஆற்றும் பங்கு விளக்கம் கொடுக்கக் கூடும். அது மின்னேட்ட விளைவுகளின் நுட்பம் பற்றிய இன்றைய கருத்துக்களில் குழப்பம் காட்டுகிறது. சில நிகழ்ச்சிகளில் மைய நரம்பு மண்டலம் நோய் மாறுதல்களின் திருப்பமுடியாத வளர்ச்சிக்குக் காரணமாகிறது; இன்னும் சிலவற்றில் பாதுகாப்பு தடைகளை ஏற்படுத்துகிறது.

இந்த ரகசியங்களை வெளிப்படுத்த மின்காயங்களின் மாதிரி உருவாக்கம் ஒரே வழியாக அமையாது. மனிதன் ஒரு ஆராய்ச்சி பொருளாக நோக்கும்போது மிகச் சிக்கலான உடலியங்கியல் கொண்டவன். ஆகவே மிருகங்களின் மேல் நடத்திய சோதனை விவரங்களை மனிதனுக்குப் பயன்படுத்தல் ஓரளவிற்குத்தான் ஒத்து வரும். ஏனென்றால் மின் காயத்தின் விளைவிற்கு மனித உடலின் மைய நரம்பு மண்டலம் மிக முக்கிய பங்காற்றுகிறது என்பதில் சந்தேகமில்லை. மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகளை அமைத்த விஞ்ஞானிகளில் ஒருவரான எஸ். ஜெல்லினக் 1920ம் ஆண்டுகளில் மனிதனுக்கும் மிருகத்திற்கும் மைய நரம்பு மண்டலங்களில் உள்ள வேறுபாடு மிருகங்களின் மீது மின் காயத்தின் விளைவை மாதிரிப்படுத்தி மனிதனுக்கு ஒப்பிட முடியாது என்று காட்டியுள்ளார். தொழில் மற்றும் வீட்டு மின்காயங்கள் பற்றிச் செய்த புள்ளி விவர மற்றும் கருவி ஆய்வுகளின் விவரங்களைச் சோதனை விவரங்களோடு ஒப்பிடுவதில் உள்ள தடைகளின் காரணங்களைப் பெருமளவில் உணர்த்தியுள்ளார். அவர் "விழிப்புக் காரணி" பற்றி அடிக்கடி குறிப்பிட்டது மின் காயங்கள் மேல் உடலின் எதிர் விளைவுகளைத் தூண்டுவதில் மைய நரம்பு மண்டலம் ஆற்றும் பங்கை விளக்கத்தான். இதன் வருணனை "ஒவ்வொரு மின்னேட்டமும் கொல்லுவதில்லை ஆனல் ஒவ்வொரு மின்னேட்டமும் கொல்லக்கூடும்" என்று அவரது உரையால் விளங்கும். வேறுவிதமாகக் கூறினல் "மின்னேட்டத்தால் தற்செயலாக இறப்பது சாத்தியம், வேண்டுமென்றே கொல்லப்படுவது கடினம்". மின் விபத்துக்களைப் புலனுயும்போது விழிப்புக் காரணியின் முக்கியத்துவத்தை வெளிக் கொணருவதில் ஜெல்லினக் வெற்றி பெற்றூர்.

அவர் எழுதினர்: "மின் காயத்தின் முக்கியமான விசித்திரம், நமது விழிப்புணர்ச்சி நமது மனேதிடம் மின்னேட்டத்தின் விளைவுகளைக் குறைப்பதில் மட்டுமல்ல இதை முழுமையாகக் களைவதிலும் உதவுகிறது என்பதேயாம். ஒரு வெடி விபத்தின் சக்தியோ, மேலிருந்து விழும் ஒரு உத்திரத்தின் வேகமோ நமது தைரியத்தாலோ வீர உணர்ச்சியாலோ குறைக்கப்பட முடியாது. ஆனல் மின் அதிர்ச்சியைப் பொருத்தவரை நமது கவனம் முழு விழிப்போடு இருந்தால் இயலக் கூடியதே. உண்மையிலேயே சுடுபவரைக் காணுது சுடும் சத்தத்தை மட்டும் கேட்பவர் திடீர் அதிர்ச்சியால் இறக்கக் கூடும். ஆனல் சுடுபவரைக் காண்போரும் சுடுபவரும் அந்த அதிர்ச்சிக்கு ஆளாவதில்லை".

இங்கு ஆசிரியர் ஒரு எதிர்பாராத நிகழ்ச்சியின் விளைவாக ஏற்படும் திடீர் கவனத்தை குறிப்பிடவில்லை. மனித மனமும் உடலும் எதிர்வரவிருக்கும் நிகழ்ச்சிகளுக்கும் எரிச்சல்களுக்கும் தயாராவதையே குறிப்பிடுகிறார்.

எஸ். ஜெல்லினக் எழுதினர்: "விழிப்புக்காரணி ஒரு அசாதாரணமான ஏன் முடிவான பங்கையே ஆற்றுகிறது. ஒரு மனிதன் போதுமான விழிப்போடு இருக்கும்போது ஒன்றும் நிகழ்வதில்லை. அவனது விழிப்புணர்ச்சி நடக்கவிருக்கும் துன்பத்திற்கு ஒரு கேடயமாக அமைகிறது.

ஆங்கிலேயர்கள் கூறுவார்கள்: "மனது தயாராக இருக்கும் ஒரு மனிதன் இரு மனிதர்களுக்கு சமம்". இதே எண்ணம்: "முன்னாலேயே எச்சரிக்கப்படுவது முன்னாலேயே ஆயுதம் ஏந்துவதாகும்" என்றும் குறிப்பிடப்படும். ஃபிரெஞ்சுக்காரர்களும் இதேபோன்ற பழமொழியைக் கூறுவார்கள்.

எஸ். ஜெல்லினக் மின் விபத்துக்களின் ஆய்வு விவரங்களைக் கொண்டும் மற்றும் சோதனைகளைக் கொண்டும் விழிப்புக் காரணியின் முக்கியத்துவத்தை விளக்குகிறார். சோதனைகள் பூனைகளைக் கொண்டு நடத்தப்பட்டன. அமைதியாக வைக்கப்பட்டிருந்த பூனைகள் 220 வோல்ட்டு மின் அழுத்தத்தில் இறந்தன. ஆனால் குச்சியால் தொந்தரவு செய்யப்பட்ட பூனைகள் அதே அளவு மின் அழுத்தம் பாய்ச்சப்பட்டபோது மின் அதிர்ச்சியைக் குச்சியின் அடி என்று கருதிச் சோதனையாளரைத் தாக்கின.

ஆர். வெடன்டீவா என்பவர் நாய்களின் மேல் சோதனை செய்து விழிப்புக் காரணியால் மின்காய விளைவுகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் பற்றி விவரங்கள் கொடுத்தார். முதலில் மின்னோட்டத்தின் விளைவால் வலிப்புக்களும் இரத்தக் குழாய்களில் இரத்தம் பாயும் தன்மை அதிகரித்தலுடன் நோய் விளைவுகளும் நேர்ந்தன. இந்தச் சோதனைகளின் குறிப்பிடத்தக்க அம்சம் மின்சாரம் செலுத்தப்படும் முன் அதனை அறிவிக்க ஒரு வழக்கமான சமிக்ஞை கொடுக்கப்பட்டது. இந்த எச்சரிக்கை நோயின் விளைவுகளை மாற்றியது. அந்த மாற்றம் மின்னோட்டத்தின் அலகுகளைப் பொருத்து அமைந்தது. 1-2 ஆம்பியர் மின்சாரம் பாய்ந்தபோது எதிர் விளைவு குறைந்தது. 1-2 மில்லி ஆம்பியர் (உடல் எதிர் விளைவு மின்னோட்டத்தின் எல்லை) மின்னோட்டம் பாய்ந்தபோது எதிர் விளைவு அதிகமாக இருந்தது. இதனால் எச்சரிக்கை எதிர் விளைவுகளின் சக்தியைச் சமப்படுத்துகிறது. அதாவது அதிக எதிர் விளைவைக் குறைக்கிறது; குறைந்த விளைவை அதிகரிக்கிறது. போதை கொண்டிருந்தால் (குறைவாக இருந்தால் கூட) அல்லது நர்கோட்டிக்ஸ் போன்ற போதையூட்டும் பொருட்களை உபயோகிப்பதனால் மின் விளைவின்போது உறுப்புக்களின் தடை குறைகிறது. மனிதர் மற்றும் விலங்கில் மின் விளைவை உணரும் தன்மை அதிகரிக்கிறது.

விழிப்புக் காரணியின் பெரும் முக்கியத்துவம் மின் விபத்துக்களின் புலனாய்வின் பல முடிவுகளால் உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

கேப்பென் மற்றும் ஓசிப்கா போன்ற ஆராய்ச்சியாளர்கள் விலங்குகள் மேல் மின்னோட்டத்தின் விளைவுகளை ஆராயும்போது விழிப்புக் காரணியைக் கணக்கில் கொள்ளவில்லை. கேப்பென் மின்னோட்டத்தின் அளவிற்கும் மின்காய விளைவின் தீவிரத்திற்கும் நேரடித் தொடர்பு உண்டு என்று கூறியது இதனால்தான். அதை யொட்டித்தான் இந்நூலாசிரியர் காய விளைவுகளில் நான்கு கட்ட வகைபாட்டை யோசனை கூறினார். ஆனால் கேப்பென் கூறிய நேரடித் தொடர்போ வகைபாடோ குறைந்த மின் அழுத்தத்தால் ஏற்படும் விளைவுகளை கணக்கில் கொள்ளவில்லை.

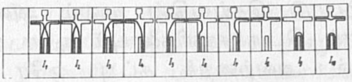
மின் விபத்துக்களின் புலனாய்வில் கிடைக்கும் விவரங்களுக்கும் மிருகங்கள் பால் நடத்தும் சோதனையில் கிடைக்கும் விவரங்களுக்கும் இடையில் உள்ள குறிப்பிடத்தக்க வேறுபாடு விழிப்புக் காரணியால் மட்டும் விளக்கப்பட முடியாது. ஆனால் மேலும் விரிவான ஆய்வை மேற்கொள்வதற்கான ஒரு முக்கியமான காரணியாகும் இது. விழிப்புக் காரணி மேலும் ஆயப்பட வேண்டும். இத்தகைய ஆராய்ச்சியின் விளைவாக அபாயம் விளைக்கும் மின்னோட்டங்களையும் மின் அழுத்தங்களையும் மதிப்பிடுவதில் உள்ள குறைபாடுகள் நீங்கக் கூடும்.

வி. நெகோவ்ஸ்கியின் கோட்பாடுகளை ஆதரிப்போர் எஸ். ஜெல்லினக் மற்றும் அவரைப் பின்பற்றுவோருடன் மாறுபடுகிறார்கள். காயம் விளைக்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் விளையும் தீவிரத்திற்கும் நேரடித் தொடர்பு உண்டு என்று அவர்கள் கூறுகிறார்கள். ஜெல்லினக் என்பவரின் கூற்றுக்களை அவற்றின் உறுதியின்மைக்காக அவர்கள் குறை கூறினார்கள். காப்பு நடவடிக்கைகளுக்காகப் பாதுகாப்பு எல்லைகளை ஏற்படுத்துவதை அவை இயலாதது ஆக்குவதாக அவர்கள் கருதினார்கள். ஆனால் இந்தக் குறைகூறல் சரியானது அல்ல. ஏனெனில் பயன் உள்ள பாதுகாப்பு முறைகள் பாதுகாப்பான அல்லது பாதுகாப்பாற்ற மின்னோட்டத்தின் மதிப்புகளைப் பொருத்து இல்லை. அபாய அலகுகளைப் பொருத்தில்லாமலே மின்கடத்தாத்திறன் மேல் தவிர்ப்பு சோதனைகளையோ சாதனங்களின் நம்பகத்தை உயர்த்தலையோ கொள்ளலாம். மேலும் ஜெல்லினக் கூற்றில் உள்ள உறுதியின்மை அபாய பகுதிகளைத் தவிர்ப்பதில் மேற்கொள்ளும் அமைப்பு, தொழில் நுட்ப நடவடிக்கைகளை மேம்படுத்துகிறது.

மைய நரம்பு மண்டலத்தால் (மனிதனுக்கும் மிருகத்திற்கும் இடையே மிக வேறுபட்டது) மேற்கொள்ளப்படும் முடிவான பங்கு மட்டும் மனிதனுக்கு சோதனை விவரங்களைப் பயன்படுத்துவதற்கு ஒரே தடையல்ல. மின்சாரம் நுழைவது பொருத்த அளவிலும், அதாவது உயிர் உள்ள உடலின் மேல் மின்னோட்டத்தைப் பொருத்த அளவிலும் மனித உடலின் பரப்பிற்கும் மிருகத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளுக்கும் போதுமான கவனம் செலுத்தப்பட வேண்டும். இப்பிரச்சினை பற்றி கீழே தொடர்வோம்.

5.5 மின்னேட்டப் பாதை

உடலின் மேல் மின்சாரம் நுழைவது தோலிற்கும் மின்சாரம் பாயும் பொருளின் வெளிப்பகுதிக்கும் ஏற்படும் தீண்டுதலால் நிகழ்கிறது. ஆனுல் உடல் பரப்பின் உடலியல், உடலியங்கியல் அலகுகள் மனிதனுக்கும் மிருகத்திற்கும் வேறுபடுகின்றன. ஜி. ஃப்ரெங்கல் மற்றும் அவரைப் பின்பற்றுவோர்களால் இதற்கு மிகுந்த முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட்டது. தோலின் மின் காயப்பாட்டை ஆராய்ந்த ஆ. டிராயட்ஸ்காயா என்பவராலும் இந்தக் காரணம் உறுதிப் படுத்தப் பட்டது.



படம். 5-2. பொதுவான மின் குறுக்குப் பாதைகள்

குறுக்குப் பாதைகளின் பெயர்கள்

I_1- முழுமையானது; I_2- வலது முழுமை; I_3- இடது முழுமை; I_4- வலது சாய்வு; I_5- இடது சாய்வு; I_6- வலது; I_7- இடது; I_8- மேல் பகுதி; I_9- கீழ்ப் பகுதி; I_{10}- பக்கப் பகுதி.

எந்த மின் காயத்திலும் தோலின் மின் எதிர்ப்புத் திறனின் உயிர் இயல்பியல் பார்வையிலிருக்கும் மாற்றக்கால அலேயில் மின்னேட்ட கால தொடர்புக்கான அலேயின் வடிவத்தை மாற்றக்கூடும்.

ஜி. ஃபிரெங்கல் 'மின் பாதை' என்னும் சொல்லுக்குப் பதிலாக 'மின் குறுக்குப் பாதை' என்று சொல்வதை ஆமோதித்தார். அவர் கூறிய 'மின் குறுக்குப் பாதை' வகைபாடு படம் 5-2ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இவை பிற்காலத்தில் நியமங்களாகக் கருதப்பட்டன. இந்த வகைபாடு விபத்துக்களின் புலனுய்வில் விரிவாகப் பயன் படுத்தப்பட்டதாகக் கூற முடியாது. ஆனுலும் மின்காய சோதனேகளே ஒழுங்குபடுத்துவதில் அது முக்கிய பங்காற்றியது. ஏனென்றுல் விலங்குகளின் மேல் மின்னேட்டம் பாயும்பொழுது ஏற்படும் விளேவுகளே மதிப்பிடுவதில் அது ஒருமித்த முறையை வளர்த்தது. அதனுல் பல புது நிகழ்ச்சிகள் வெளிவந்தன. கால நுட்பங்களேப் பற்றிய அறிவு பெருகியது; விலங்குகளிலிருந்து பெறப்பட்ட விவரங்களே மனிதனுக்குப் பயன்படுத்த முடிந்தது.

எஸ். கேப்பென் ஒரு மூன்று கட்ட வகைபாட்டை முன்மொழிந்தார். அவையாவன : கை-உடல்-கால் (வலது அல்லது இடது), கை-உடல்-கை. ஆனுல் இந்த வகைபாடு விரிவாகப் பயன்படுத்தப் படவில்லே.

சோதனே விவரங்களே மனிதனுக்கு பயன்படுத்தும் போது ஏற்படும் இந்த இரு வகைபாடுகளின் குறைபாடுகள் மின் நுழை முனேகளில்

உள்ள நிச்சயமற்றத்தன்மையே. படம் 5-2ன் படி பத்தில் ஒன்பது நிகழ்ச்சிகளில் மனிதன் ஒரு கையின் மூலமோ அல்லது இரு கைகளின் மூலமோ மின் பாதையுடன் இணைக்கப்படுகிறுன். ஆனுல் இந்த இணைப்பு வேறுவிதமாக நிகழலாம். அதாவது கையின் முன், பின் பகுதி, உள்ளங்கைக்குக் கீழே, ஒரு விரலின் மூலம் அல்லது கையின் நீளம் முழுவதாலும். இவையெல்லாம் முக்கியமானவை. ஏனென்ருல் மின்னேட்டம் பாய்கின்ற தோலின் அமைப்பு ஒருமித்த தாக இருப்பது இல்லை. ஆகவே முக்கியமான அமைப்புக்களின் மூலம் உடல் இயல் தூண்டுதல்களின் பயணம் வேறுபட்டதாக இருக்கும். சோதனைகள் செய்யும்பொழுது இந்த விவரங்கள் கருதப் படுவதில்லை. சோதனைகளில் ஒருமித்த தன்மை சோதனைப் பாதையைத் தேவையானபடி ஏற்பாடு செய்வதின் மூலம் அடைய முடிகிறது. உதாரணமாக எல்லாப் பெருச்சாளிகளையும் ஒரே நிலையில் வைத்து ஓர் ஏற்றியின் மேல் அவற்றைக் கட்டி ஒரே விதமான மின் வாய்களின் அமைப்பைச் செய்தல் போன்றவை. ஒருமித்த சோதனை நிலைகளை ஏற்படுத்துதல் சோதனை விவரங்களை ஒப்பிடுவதை எளிதாக்கி யது. ஆனுல் அவற்றை மனிதனுக்குப் பயன்படுத்துவதை மிகவும் சிரமமாக்கியது.

விபத்துக்களின் புலனுய்வின்போது "மின் பாதையை" பின்பார் வையால் மீண்டும் அமைத்தல் எளிதானதல்ல. எப்போதாவது ஒரு முறை மின்னேட்டம் நியமம் இல்லாத பாதையின் மூலமும் பாய் கிறது. நமது கணிப்பின்படி நியமம் இல்லாத பாதைகள் (கால், உள்ளங்கை மூலமாக அல்லாது மின் பாதை முடிதல்) நியமமான பாதைகளைவிட (கால் அல்லது உள்ளங்கையின் மூலம் மின் பாதை முடிதல்) அபாயம் விளைக்கக் கூடியன. நியமமில்லாத பாதைகளின் மூலம் ஏற்படும் காயங்களால் ஏற்படக்கூடிய அபாயம் சரியாக ஆராயப்படவில்லை. அபாயமான மின்னேட்டத்தை நிர்ணயிப்பதில் உள்ள குழப்பத்திற்கு இது ஒரு காரணம்.

என். விக்டோர்ஜிக் தலையின் மூலம் ஏற்படும் 'காயங்களைப் புலனுய்ந்தார். ஆ. கப்புலான் ஒரே வெளிப் பகுதியினுள் மின் தொடர் முழுதும் அடங்கிய நிகழ்ச்சிகளை வருணித்தார். ஆனுல் இந்த அறிக்கைகள் கவனத்தில் கொள்ளப்படவில்லை.

மின் காயத்தில் மின்னேட்டத்தின் எதிர் விளைவு முக்கியமானது. உணர்ச்சியுள்ள நரம்புத் தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை உடலின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் மாறுபடுவதால் மின் குறுக்குப்பாதை பிரச் சினை பலவிதமான எண்ணங்களுக்கு இடம் கொடுக்கிறது. நோய் இயலாளர்கள் நெடுங்காலமாக உடல் சில உடலியல் எதிர் விளைவுகளைக் கொடுக்கும் பகுதிகளைக் (reflexogenic areas) கொண்டிருக் கிறது. அவற்றைத் தூண்டுதல் அபாயமானது என்று உணர்ந்து இருக்கிருர்கள். உதாரணமாக நுரையீரலின் மூலப் பகுதி அப்படிப் பட்ட பகுதியாகும். ஆகவே அதில் அறுவைச் சிகிச்சை செய்யும்

பொழுது பொதுவான செயல் இழப்பு மருந்துடன் (anesthesia) அந்தப் பகுதிக்கென்று தனியாகச் செயல் இழப்பு மருந்தும் கொடுக்கப்படு கிறது.

மின் நோய் இயல் துறையில் "தல அமைப்பு" (topography) ஏற்றுக்கொள்ளப்படாததால் அதன் விவரங்கள் வெளிக் கொணரப் படுவதில்லை. உடலின் எந்தப் பகுதி மின்னோட்டத்தால் தாக்கப் பட்டிருக்கிறது என்பது காயங்களின் விளைவை நிர்ணயிப்பதில் பெரும்பங்கு வகிக்கிறது.

உயிர் இழப்பை ஏற்படுத்தும் காயங்களில் சாதாரணப் பகுதிகள் மூலம் (உள்ளங்கையில் இருந்து உள்ளங்கை, உள்ளங்கையிலிருந்து கால்) மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது இறப்பு நேரிடுவதில்லை. விதிமுறைப்படா தொடர்கள் மூலம் முக்கியமாகக் கையின் பின்பகுதி மூலம் மின்சாரம் பாயும்பொழுது அவை நிகழ்கின்றன. ஆசிரியரால் சோதனைச்சாலை நிலைகளில் முன்வருவோர்கள் மூலம் செய்த சோதனையில் இந்த மிக அபாயமான மின் பாதைகள் வெளி வந்தன. 0.5-10 வோல்ட் மின் அழுத்தங்களைக் கொண்டு அவர்கள் நேர் மின்னோட்டம் மற்றும் மாறும் மின்னோட்டத்திலும் நிலையான மற்றும் தற்காலிக நிலைகளிலும் சோதனை செய்யப்பட்டார்கள். வேறு பட்ட உருவங்களைக் கொண்ட மின் வாய்களைக் கொண்டும் வேறு பட்ட சுற்றுப் புற நிலைகளைக் கொண்டும் சோதனைகள் நடத்தப் பட்டன.

மனித உடலில் சில, அதிக அபாயமான 2-3 சதுர மில்லிமீட்டர் அளவுள்ள பரப்புக்களைக் கொண்டுள்ளன. அவை கையின் பின் பக்கத்திலும் கழுத்திலும் கணுக்காலுக்குச் சற்று மேலும் அமைந்துள்ளன. இவையெல்லாம் கண்டிப்பாக அவ்விடங்களுக்கு உள்ளேயே உள்ளன. அவற்றிலிருந்து 1.5-2 மில்லிமீட்டர் தொலைவில் மின் வாயை வைத்தால் மனித உடலின் மேல் மின் பாதையின் தன்மைகளில் பெருத்த வேறுபாடு இருக்கும். இந்த வேறுபாடு தடைத்திறனில் இரண்டு அல்லது மூன்று பங்கு அதிகப்படுவதிலோ மின் அழுத்தத் திற்கும் தடைத்திறனுக்கும் இடையே உள்ள உறவு அதிகரிப்பதிலோ காணப்படலாம்.

கூடுதலான மின் கடத்தும் தன்மையுள்ள தோல் பகுதிகள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று அவற்றின் மின் பண்புகளிலும் வலி உணர்ச்சி களிலும் வேறுபடுகின்றன (இந்த வேறுபாடு சில சமயங்களில் மிகவும் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது). மின் வாய்களில் ஒன்று அதிகக் கடத்தும் தன்மையுள்ள தோல் பகுதியில் வைக்கப்பட்டால் மின் அழுத்த உயர்வு நான்கு முதல் எட்டு வோல்ட் வரை காணப்பட்டுள்ளது (இது வெவ்வேறு மனிதர்களிடமும் காணப் பட்டுள்ளது). இது தலை வரை பரவக் கூடிய கடுமையான வலி உணர்ச்சியை ஏற்படுத்துகிறது. சில சமயங்களில் இந்த வலி கண்களில் ஒளி உணர்ச்சியுடன் ஏற்படுகிறது.

வலுவற்ற இந்தப் பகுதிகளில் இரண்டு மின் வாய்களும் வைக்கப் பட்டால் இந்த விளைவுகள் குறைந்த மின் அழுத்தங்களில் கூட நிகழ்கின்றன (20-70 m A) இந்த மின்னோட்டம் எரிச்சலூட்டும் ஆரம்ப மின்னோட்டத்திற்கு சில பங்குகள் குறைவு என்பது குறிப்பிடத் தக்கது. இந்த ஆசிரியர் கண்டபடி இது 0.8-3 மில்லி ஆம்ஸ் (m A) வரை அமைகிறது. இது டார்ஜியல் மற்றும் இதர ஆராய்ச்சியாளர்கள் விவரங்களோடு பொருந்துகிறது. இந்தப் பகுதிகளைக் காயப்படுத்தும் காரணம் குறைந்த மின் தடைத்திறன் அதிக மின்னோட்டத்தை விளைவிப்பது அல்ல. மாறாக இவ்வுணர்ச்சிகரமான பகுதிகளில் பாயும் ஆரம்ப மின்னோட்டம் மீதிப் பகுதிகளில் பாயும் மின்னோட்டத்தைவிடக் குறைவாகவே இருக்கிறது. உணர்ச்சிகளும் வேறுபடுகின்றன.

வீ. போடார்நீ என்பவரால் ஆர்வமான முடிவுகள் கொடுக்கப் பட்டன. உடலின் பல்வேறு பகுதிகளில் தோலின் மின் கடத்தும் தன்மை வேறுபடுகிறது என்று அவர்தான் முதலில் கூறினார். உயிர் இயல் நோக்கோடு மின்னோட்டத்தால் வலுவற்ற இந்த இடங்களைப் பற்றி ஆராய்ந்து அவை ஊசி மருத்துவத்தோடு தொடர்பு உடையனவா என்று காண்பது ஆர்வம் ஊட்டக் கூடியது. சமீப காலங்களில் ஊசிக்கான இடங்களை மின் தடைத்திறனின் மதிப்பின் மூலம் (அந்த இடங்களில் வேறு பாகங்களைவிடத் தடைத்திறன் குறைவு) காணலாம் என்று கூறப்பட்டுள்ளது. வீ. வோகிராலிக் மற்றும் ஏ. வியாஸ் மென்ஸ்கீ செய்த விரிவான ஆராய்ச்சியில் இது கூறப்பட்டுள்ளது.

வலுவற்ற இடங்கள் ஹெட்டின் பகுதிகளுடன் (Head's Area) சம்பந்தப்பட்டிருக்கக்கூடும் என்று சொல்லப்பட்டது. ஆனால் அது அவ்வாறு இல்லை. எல்லா உணர்ச்சிகரமான இடங்களும் ஊசி மருத்துவத்திற்கான இடங்களுடன் ஒத்து வருவது இல்லை. மேலும் இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளின் தன்மைகளும் வேறானவை. ஹெட் பகுதி அதிகத் தடைத்திறன் கொண்டது. ஆனால் வலுவற்ற இடங்களின் மின் கடத்தும் தன்மை கூடுதலானது.

வலுவற்ற இப்பகுதிகளை மின்னோட்டத்திற்கு எதிர் உணர்ச்சி விளக்கும் வாங்கிகளின் தனித் தொகுதிகளாகக் கருத வேண்டும் (இவைகளை மின் வாங்கிகள் (electrical receptors) என்று குறிப்பிடலாம்). யூ. ஆண்டோமொனவ் மற்றும் எல். ரெசேட்கா ஆகியோர் கண்ட ஆராய்ச்சி முடிவுகள் இந்தக் கோட்பாட்டை ஆமோதிக்கின்றன. இவ்வாசிரியர்கள் மிகக் குறைவான தூண்டுதலின் சில செயல்முறைப் பயன்களை ஆராய்ந்த போது பத்து குறை நொடி (m S) பொழுதே உள்ள மின் அலைகள் மூலம் உணர்ச்சிப் பகுதிகளைக் காணும் ஒரு முறையை உருவாக்கினார்கள். அவர்களின் விவரங்கள் இந்நூலாசிரியர் வேறுபட்ட நிலைகளில் செய்த சோதனை விவரங்களோடு ஒத்து வருகின்றன. ஒரு நடுப்புள்ளியை மையமாக கொண்டு மின்னோட்டத் திற்குக் காயப்படும் பகுதிகள் இடம் பெயர்கின்றன என்று காணப்

பட்டது. அவை 1ம் இடத்தில் காணப்பட்டால் பத்து பன்னிரண்டு நாட்களுக்குப் பிறகு சில மில்லிமீட்டர்கள் தொலைவில் 2ம் இடத்தில் காணப்படும். வெளிப்படையாகவே மின் வாங்கிகள் இருப்பது உண்மையானால் அவை பலமற்ற மின் திறனையே கொண்டுள்ளன. மின் தடையை அளப்பதற்காக மற்றும் அலை தூண்டுதலுக்காகச் செலுத்தப்படும் மின் அழுத்தங்கள் அவற்றின் உள் மூலக்கூறுகளின் பிணைப்புகளைத் தடை செய்வதற்கும் வலி உணர்ச்சிகளை உருவாக்கு வதற்கும் போதுமானவை. அந்தக் காயப்படக் கூடிய இடங்களின் கூடுதலான மின் கடத்தும் தன்மை இந்தத் தொந்தரவுகளுக்குப் பிறகு ஏற்படும். மின் திறனில் ஏற்படும் மாற்றம் மின் வாங்கியின் கண்டுணரும் தன்மையைக் குறிப்பிடுகிறது. ஆனாலும் இந்தக் கருத்துக்கள் மேலும் ஆராயப்பட வேண்டும். ஏனென்றால் அவை மின் பாதுகாப்புப் பிரச்சினைகளுக்குத் தீர்வு காண முக்கியமானவை.

5-6. பாதிக்கப்பட்ட உறுப்புகளின் நிலை

மின் காயத்தின் விளைவு பாதிக்கப்பட்ட உறுப்புகளின் நிலையைப் பொருத்து அமைகிறது. வேலை நாளின் முடிவில் ஏற்படும் களைப்பு விழிப்புணர்ச்சியை மந்தப்படுத்திக் காயம் விளையும் சாத்தியக்கூறை அதிகரிக்கிறதோடு அதன் விளைவுகளை மிகுதிப்படுத்துகிறது. நரம்புக் களைப்பை விளைவிக்கும் எந்த நோயும் சந்தேகமின்றி மின் காயத்தை அதிகப்படுத்தும். குடி மயக்கத்தாலும் அதே விளைவு ஏற்படும். கே. அசிபேயவ் மற்றும் ஏ. சாலியவ் மின்னோட்ட விளைவுகளுக்கு உறுப்புக்களின் உணர்ச்சி வேறுபட்ட மருந்துகளைப் பயன்படுத்து வதால் மாறுபடும் என்று குறிப்பிட்டுள்ளார்கள்.

தைராய்டு சுரப்பியின் (thyroid gland) கூடுதலான செயல்பாடு மற்றும் இரத்த ஓட்டத் தடை (stenocardia) ஆகியன மின் காயங்களின் அபாயங்களை அதிகரிக்கும் குறிப்பிடத்தக்க நோய்களாகும். பின்னர் கூறப்பட்டுள்ள நோய் ஏற்கனவே கறுப்புப் பட்டியலில் சேர்க்கப் பட்டுள்ளது. அந்த நோயுற்றவர்கள் மின் காயங்கள் ஏற்படக்கூடிய இடங்களில் வேலை பார்ப்பதைத் தவிர்க்க வேண்டும். ஆனால் இந்தக் கட்டுப்பாடு வெளிப்படையாகக் குறிப்பிடப்படவில்லை. இரத்த ஓட்டத் தடையின் அடிக்கடி நிகழும் தாக்குதல்களே ஒரு மனிதனை இத்தகைய வேலைகளுக்குத் தகுதியற்றவன் ஆக்குகிறது. மனித இதயமே மின்னோட்டத்தைப் பொருத்த வரையில் மிகவும் பலவீனமான உறுப்பு. மிகவும் இலேசான மின் காயம்கூட இதயத் தமனியைச் சுருங்க வைக்கக் கூடும். அதனால் இரத்த ஓட்டத் தடையின் விளைவுகள் நிகழக்கூடும்.

துரதிஷ்டவசமாகச் சில வியாதிகளால் மனிதர்களுக்கு மின்னோட் டத்தால் விளையும் அதிகப்படியான உணர்ச்சி பற்றிய விவரங்கள் தனிப்பட்ட கணிப்புகளின் பேரிலேயே அமைகின்றன. அதனால்

அவை முரணுகை அமைகின்றன. வோல்டா வியாதியுள்ள இதயத்தில் மின்னேட்டத்தின் பலனுகத் திடீரென்று இறப்பு நிகழ்கிறது. ஆனல் வலுவான இதயங்களில் அவ்வாறு இல்லே என்று கூறினர். என். விக்டோர்ஜிக் வேறுவிதமாகக் கூறுகிருர். அவர் எழுதுகிருர்:

"மெல்லிய மார்பு எலும்பின் மூலம் காணக் கூடிய பந்து போன்ற வீக்கத்தை உடைய வியாதியுள்ள இதய மகா தமனியால் சிரமப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் ஒரு மனிதனுக்குச் சில 1,000 வோல்ட் மின் அழுத்தம் உள்ள மின்சாரம் பாயும் பகுதியைத் தீண்டுதல் அனுகூலம் அளித்திருக்கிறது".

எஸ். ஜெல்லினெக் "தவருன இதய அமைப்பால் (heart malformation) துன்பப்பட்டுக் கொண்டிருந்த மனிதருக்கு ஏற்பட்ட உயர் மின் அழுத்தக் காயங்கள் இதய நோயைப் பெரிதுபடுத்த வில்லே" என்று கூறினர்.

இவ்வாசிரியரின் கணிப்புக்கள் கூடச் சில இதய நோய்களில் மின் காயம் கூடுதலான அபாயத்தை விளேவிப்பதை மறுக்கின்றன. உதாரணமாக இரண்டு நிகழ்ச்சிகளில் இதய நோயால் பாதிக்கப்பட்டுக் கொண்டிருந்தவர்களுக்கு மின் விபத்துக்கள் அனுகூலமான விளேவுகள் ஏற்படுத்தியதைக் கண்டார். இவற்றில் ஒன்றில் விபத்திற்கு முன்னல் பாதிக்கப்பட்டவர் மாரடைப்பினல் (myocarditis) துன்புற்றிருந்தார்.

இவையெல்லாம் சேர்ந்து மின் காயத்தின் விளேவில் மனித உடலின் அசாதரணமான நிலேயின் பங்கு பற்றிய பிரச்சினேகளே மேலும் விரிவான ஆராய்ச்சிகளேச் செய்ய வேண்டிய அவசியத்தை உணர்த்துகின்றன. இப்போதைக்கு எந்த இதய நோயும் குறிப்பாக இதயத்திற்கு இரத்தத்தைக் கொண்டு செல்லும் நாளங்களுக்கு உள்ள நோயும் ஒரு மனிதனே மின் காயங்கள் ஏற்படக்கூடிய வேலேயில் ஈடுபடுவதைத் தடுக்கிறது என்று கொள்ளலாம்.

மின் சாதனங்களோடு தொடர்பு கொண்டு வேலேகளுக்குத் தகுதியற்றதாக்கும் நரம்பு மண்டல நோய்களின் பட்டியல் இன்னும் முழுமை அடையவில்லே. ஆனல் ஒன்று மட்டும் நிச்சயம். இந்தப் பிரச்சினே மேலும் ஆராயப்படும்பொழுது இப்போதிருக்கும் மூன்று நான்கு வியாதிகளுடன் மேலும் சில வியாதிகளும் இதில் கூட்டப் படும்.

காயத்தின் விளேவுகள் மீது பாதிக்கப்பட்ட உறுப்பின் பங்கு பற்றிய மேலே கூறிய கருத்துக்கள் தலேகீழாக ஆராயப்பட வேண்டும். உயிரிழப்பை நிகழ்த்தாத காயங்கள் பாதிக்கப்பட்டவரின் உடல் நலத்தை எப்படிப் பாதிக்கின்றன என்று தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

இத்தகைய காயங்களே வருணிப்பது ஒரு தனிப்பட்ட மருத்துவ தலேப்பு. கே. ஆசிப்பேயவ் இந்தப் பிரச்சினே பற்றி விரிவாக ஆராய்ந்தார். இந்தப் புத்தகத்தில் நாம் சில பொதுக் கருத்துக்களோடு நிறுத்திக் கொள்வோம்.

தானியல் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பின் (சுவாச - இதய) சீரமைப்பு சில நிகழ்ச்சிகளில் கெடுதலான பின் விளைவுகளை ஏற்படுத்தியுள்ளது. கேப்பென் மற்றும் ஓசிப்கா இரத்த ஓட்டத் தடையை மின் காயத்தின் தீவிரமான பின் விளைவாகக் கருதினார்கள். கேப்பென் இந்த நோயை உடல் உறுப்பு (organic) மற்றும் இயக்கப் பிரிவுகளாக (functional) வகைப்படுத்தினர். முந்தையது இதயச் செயல்பாட்டின் குறைவினை உள்ளடக்கியுள்ளது (குறிப்பாக இரத்தக் கீழறைகள்). விளைவாக இதயத்தில் நடைபெறும் மாறுதல் தொடர் நிகழ்ச்சிகள் குலைவுறுகின்றன. இரண்டாவது பகுதி இரத்த ஓட்டத்தடை நோய் எனும் பொது வகைபாட்டிற்கு உட்பட்ட பல சீர் குலைவுகளைக் குறிக்கிறது. இந்த எல்லாக் குலைவுகளும் இதய மின் வரைபடங்களால் தெளிவாகப் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. கேப்பென் அவர்கள் கூற்றின்படி மாரடைப்புக்கு நிகராகும் இரத்தக் கீழறையின் கடைசிச் சுவருக்குப் பலத்த சேதம் விளைக்கும் நிகழ்ச்சியும் ஒரு பாதிக்கப்பட்டவரிடம் விபத்துக்கு ஒரு மாதத்திற்குப் பிறகும் காணப்பட்டது. வலது கையில் மிகுந்த வலி, அழுத்தமான இருமல், மயக்கம், இதயத் தசையின் விரிவு இவற்றைத் தொடர்ந்த இரத்த ஓட்டத் தடையினால் ஆன வலி இவை எல்லாம் காணப்பட்டன. பாதிக்கப்பட்டவர்களில் சிலர் முழுமையாகச் செயலாற்றும் தன்மையை இழக்கிறார்கள். வேறு சிலர் சில மாதங்களுக்குப் பிறகு செயலாற்றும் தன்மையைத் திரும்பப் பெறுகிறார்கள். கேப்பென் அவர்கள் இயக்கப் பகுதியில் வகைப்படுத்திய ஒரு மின்காய உதாரணத்தை இப்போது பார்ப்போம்.

நிகழ்ச்சி *5-1.* இருபது வயதுள்ள ஒரு மனிதர் நன்கு நனைந்ததால் கடத்தும் தன்மை பெற்ற ஒரு காப்புக் குழாயைத் தொட்டார். விளைவாக 220 வோல்ட் மின் அழுத்தத்திற்கு ஆளானர்.மின் பாதை அவரது வலது கையில் இருந்து காலின் மூலம் அமைந்தது. மின் அழுத்தம் (voltagerms) பாதையின் மின் அழுத்தத்தில் ஒரு பகுதியாகும். இணைப்புக்களைத் துண்டித்த பின்னரே, அதாவது சில நொடிகளுக்குப் பின்னரே அவர் விடுவிக்கப்பட்டார். மின் காயம் ஏற்பட்டு ஒரு மணி நேரத்திற்குப் பிறகு பாதிக்கப்பட்டவர் ஒன்றும் நிகழாதது போல் வேலை பார்த்துக் கொண்டு இருந்தார். திடீரென்று அவர் மிகுந்த களைப்புக்குள்ளானர். மார்பின் இடப் பகுதியில் சுருங்கும் குத்தும் வலிகளை உணர்ந்தார். இரண்டு மணி நேரங்களுக்குப் பிறகு அவர் வேலை பார்ப்பதை நிறுத்த நேரிட்டது. ஒரு மருத்துவர் அழைக்கப்பட்டார். மருத்துவர் நோயை இரத்த ஓட்டச் சுருக்கத்தின் (tachycardia) விளைவுகளாகக் கூறினர். மருத்துவர் பாதிக்கப்பட்டவரைப் படுக்கையில் இருக்கும்படி கூறி ஐந்து நாள் வாலிடால் சிகிச்சைக்கு ஏற்பாடு செய்தார். அது அவருடைய வலியைப் போக்கியது. அவர் வேலைக்குத் திரும்பினர். விளைவாக இதயப்பகுதியில் வலி மீண்டும் திரும்பியது. வேலைக்குத் திரும்பிய மூன்று நாட்களுக்குப் பிறகு, அதாவது விபத்து நேரிட்டு எட்டு நாட்களுக்குப் பிறகு செய்த மருத்துவ நிலைய

கணிப்பில் (இதய மின் வரைபடம் உட்பட) நோய் ஏதும் தென்படவில்லை. பிற்பட்ட காலத்தில் வலி உணர்ச்சி மங்கியது; உடல் உழைப்பு மேற்கொண்ட போதே, அதாவது சைக்கிளில் சவாரி செய்தபோதும் மாடிப் படிகளில் ஏறியபோதும் வலி மீண்டும் ஏற்பட்டது. ஐம்பது நாட்களுக்குச் சிகிச்சை தொடர்ந்தது. அதன் பிறகு பாதிக்கப்பட்டவர் தனது திறனை மீண்டும் பெற்றார்.

கேப்பென் அவர்கள் நோக்கின்படி மின் காயத்தால் விளையும் இயக்க இரத்த ஓட்டத்தடை ஒரு மாதம் அல்லது அதற்கும் மேலான செயலின்மையை விளக்கிறது. இவ்வாசிரியரால் காணப்பட்ட எல்லா இரத்த ஓட்டத்தடை நிகழ்ச்சிகளும் 220 வோல்டிற்கு மேற்படாத மின் அழுத்தத்தால் விளைந்தவை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. ஒரு நிகழ்ச்சியில் மின் அமைப்பின் அழுத்தம் 85 வோல்ட் ஆகும். காயப்படுத்தும் மின் அழுத்தம் மனித உடலின் மேல் ஏற்பட்ட பாதையின் எல்லாத் தடைகளையும் கருத்தில் கொண்டால் இன்னும் குறையும். கேப்பென் அவர்களுடைய விவரங்கள் ஓ. கிரின்ஸ்காயா மற்றும் எல். முசிகின் ஆகியோர் கண்ட தடயங்களோடு ஒத்து வருகின்றன. இவ்வாசிரியர்களால் வருணிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சிகளில் ஒன்றை இங்கே குறிப்பிடுவோம்.

நிகழ்ச்சி **5-2.** கடத்தக்கூடிய தரையின் மேல் நின்று கொண்டிருந்த ஒரு மனிதன் தனது வலது கையின் பின்புறத்தால் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தொட்டார். பொதுவான வலிப்புக்கு ஆளானர். பத்து-பதினைந்து நிமிடங்கள் நினைவற்றிருந்து பின்னர் நினைவு திரும்பப் பெற்றார். மின்காயத்தால் பின் விளைவுகள் ஏற்படவில்லை என்று தோன்றியது. ஆனல் சில நாட்களுக்குப் பின்னர் வேலை செய்யும் பொழுது பாதிக்கப்பட்டவர் இதயத்தில் வலியும் மூச்சுத் திணறலும் ஏற்படுவதாகப் புகார் செய்தார். ஓய்விற்கும் அமினோ பைரின் சிகிச்சைக்கும் பின்னர் அவரது நிலை முன்னேற்றம் கண்டது. ஆயினும் மின் காயத்தின் இரண்டு மாதங்களுக்குப் பின்னரும் அவருக்கு இதயத்தில் வலியும் மூச்சுத் திணறலும் நிற்கவில்லை. ஒன்றரை ஆண்டுகளுக்குப் பின்னரே அவரது உடல் நலம் மீட்கப்பட்டது. மின் விபத்துக்குப் பின்னர் உடனடியாக எடுக்கப்பட்ட இதய மின் வரைபடம் இரத்த நாளத் தொகுதியில் குறைபாடுகளையும் இதயத்திற்கு மின்னேட்டம் செல்வதில் தடைகளையும் (coronary deficiency) காட்டியது. இந்த இடர்பாடுகள் பிற்பட்ட ஒன்றரை ஆண்டுகளில் இதய மின் வரைபடங்கள் காட்டியபடி கூடியோ குறைந்தோ தென்பட்டன. துரதிருஷ்டவசமாக இந்த ஆபத்தான நோயை ஏற்படுத்திய ஆரம்பக் காயத்தின் இடத்தை ஆசிரியர்கள் குறிப்பிடவில்லை.

எரிபுண்கள் மின் விபத்துக்களின் விளைவுகளில் ஒன்றைச் சில சமயங்களில் மிகவும் கடுமையாகக் குறிப்பிடுகின்றன. மின் எரிபுண்களின் தன்மை (மின்னேட்டம் இல்லாத வெறும் பொறியின் பிழம்பால் நேரிட்டதைத் தவிர) சாதாரண சூட்டுப் புண்களிலிருந்து மிகவும் வேறுபடுகிறது. ஏனென்றல் இங்கு இரு வகையான சேதங்கள் (சூட்டினுல் மற்றும் மின்சாரத்தால் ஏற்படுபவை) ஒன்றோடொன்று

இணைந்து செயலாற்றுகின்றன. ஆகையால் எரிபுண்களினுல் பாதிக்கப் பட்டவர்கள் விரிவான மருத்துவப் பரிசீலனைக்கு உள்ளாக வேண்டும். முக்கியமாக அவர்களது இரத்த நாள தொகுதி பரிசீலிக்கப்பட்டுப் போதுமான சிகிச்சை செய்யப்படவேண்டும். சாதாரணமாகச் சில சமயங்களில் எரிபுண்களின் வெளிப் பரப்புக்களைக் குணப்படுத்த எல்லா நடவடிக்கைகளும் எடுக்கப்படுகின்றன. ஆனுல் இரத்த நாளத் தொகுதிக்கு ஏற்பட்ட பாதிப்பு கவனிக்கப்படுவதில்லை.

மின் விபத்து அறிக்கைகள் மேல் செய்த ஆய்விலிருந்து பாதிக்கப் பட்டவர் மின் அழுத்தம் தாக்கியவுடனே இறப்பு நிகழாத அதிக எண்ணிக்கையினுல் ஆன காயங்கள் 1,000 வோல்ட் மேலுள்ள மின் அழுத்தங்களில் நிகழ்ந்திருக்கின்றன. சில சமயம் பிற்பட்ட காலத்தில் இறப்பு நிகழ்ந்திருக்கிறது. அப்போது எரிபுண்களின் விளைவுகளால் ஏற்படுகிறது. சில நேரங்களில் பாதிக்கப்பட்டவர் உயிர் பிழைத்தி ருக்கிறுர். அதன் காரணம் போதுமானதாக இல்லாத எரிபுண்ணே. ஜி. ஃபிரெங்கல் என்பாரோடு இந்நூலாசிரியரும் 1,000 வோல்ட் டுக்கு மேலுள்ள மின் அழுத்தத்தால் உயிர் இழக்காத வர்கள் எரிபுண்களினுலேயே தப்பியிருக்கிறுர்கள் என்று நம்புகிறுர். வீ. பெரஸ்னேவா கொடுத்த விவரங்கள் இந்தக் கூற்றினை உறுதிப் படுத்துகின்றன.

5-7. சுற்றுப்புறக் காரணிகள்

மனித உறுப்புக்களின் காரணிகளின் விவாதத்திற்குப் பிறகு, அதாவது பாதிக்கப்பட்ட உறுப்புக்கள் மின் காயத்தின் விளைவுகளை எவ்வாறு நிர்ணயிக்கின்றன என்ற விவாதங்களுக்குப் பிறகு சுற்றுப் புறக் காரணிகளையும் காயத்தின் விளைவுகளில் அவற்றின் பங்கினைப் பற்றியும் ஆராய்வோம்.

சுற்றியுள்ள ஊடகம்: மின்காயத்தின் விளைவுகள் மீது சுற்றியுள்ள ஊடகத்தின் பாதிப்பு மிருகங்களின் மேல் செய்த சோதனைகளாலும் மின் விபத்துக்களைப் புலனுய்வதாலும் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. அதிக மான ஈரத் தன்மையும் உயர்ந்த வெப்ப நிலையும் மின் அபாயங்களை அதிகரிக்கின்றன. இந்தக் குறிப்புக்கள் மின் பாதுகாப்பைப் பொறுத்த வரையில் தொழிற்கூடங்களைச் சரியாக வகுபாடு செய்வதற்கும் மின்சாதனங்கள் அவற்றின் பராமரிப்புக்களின் மேல் கடுமையான விதிமுறைகளைக் குறிப்பதற்கும் உதவுகின்றன.

அதிக வெப்பத்தினுல் ஒரு தொழிலாளிக்கு ஏற்படும் அதிக வியர்வையினுல் அவரது மின் எதிர்ப்புத் திறன் குறைவது மட்டும் அபாயமாகக் கருதப்படவில்லை. வெளிப்படையாகவே எந்த வெப்பமும் மின்னேட்டத்தால் மனித உடலுக்குள்ள உணர்ச்சித் தன்மைகளை அதிகரிக் கிறது. ஐ. பெட்ரோவ் வியர்வை நாளங்கள் இல்லாத நாய்களிடம் கூட இந்தத் தன்மையைக் கண்டார். அதிக வெப்பநிலையை உடைய மத்திய ஆசியா போன்ற நாடுகளில் அதிக மின் விபத்து நேரிடு வதற்கு அதிக வெப்பமும் ஒரு காரணமாகும்.

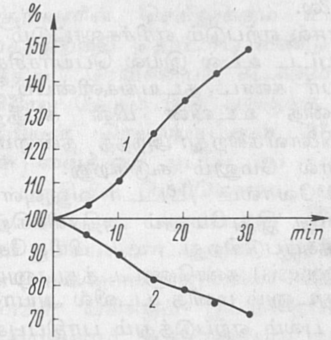
மிகுதியான ஈரத்தன்மையும் இதே விளைவினை ஏற்படுத்துகிறது. அப்போது மின் தடையில் ஏற்படும் குறைவு மனித உடலுக்கு மின்னோட்டத்தால் அதிக உணர்ச்சியினை விளைவிக்கிறது. இதைத் தவிர மிகுதியான ஈரத்தன்மையே மனித உறுப்பின் மின் தடையினையும் குறைக்கிறது.

வெப்பம், ஈரத்தன்மை போன்ற சுற்றுப்புற அலகுகளின் விளைவுகள் போதுமான விதிமுறைகளால் வரையறை செய்யப்பட்டுள்ளன. ஆனாலும் மூன்றாவது சுற்றுப்புறக் காரணி ஒன்றுள்ளது. அதுதான் மின்னோட்டத்தின்பால் உள்ள உணர்ச்சித்தன்மையைப் பாதிக்கும் சுற்றியுள்ள காற்றின் அழுத்தம். போர்க்காலத்திற்குப் பின்னால் இது பல ஆராய்ச்சிகளின் பொருளாக இருந்தது. ஆரம்பத்தில் கடற்படைத் தொடர்புள்ள மருத்துவர்கள் ஒரு விசித்திரமான நிகழ்ச்சியைக் கண்டார்கள். தண்ணீருக்கு அடியில் மின் இணைப்பு, வெட்டுதல் போன்ற செயல்களைச் செய்வோருக்கு எந்த உயிர் இழப்பு விபத்தும் ஏன் வலுவான மின் காயமும் கூட ஏற்படவில்லை. ஆனால் நீருக்கு அடியில் அவ்வேலைகளைச் செய்வோர் பல முறை மின்சாரம் செல்லும் பகுதிகளைத் தீண்ட நேரிட்டிருக்கிறது. பின்னால் இந்நூலாசிரியர் அந்நிகழ்ச்சியின் காரணம் நீருக்கு அடியில் வேலை பார்ப்போர் வேலை செய்யும் அதிக அழுத்தமேயன்றித் தண்ணீரின் மாற்றுப்பாதை விளைவல்ல என்று நிரூபித்தார்.

இதன் மாற்றுக்கூற்றும் உண்மையாகும். மலைப் பகுதிகளில் மின்சாரம் வழங்கும்போது குறைந்த அழுத்தமுள்ள பகுதிகளைப் பொருத்த வரை இது முக்கியமானது. சோதனைகள் வாயிலாக வாயுமண்டல அழுத்தத்தின் குறைவு உறுப்புகளில் மின் அபாயங்களை அதிகரிக்கிறது என்று தெரியவருகிறது. வெவ்வேறு விரைவுகளில் செய்யப்பட்ட சோதனைகள் வாயு மண்டல அழுத்தக் குறைவினால் ஏற்படும் அபாயம் விரைவினை ஒட்டிக் கூடுகிறது என்று தெரியப்படுத்துகின்றன. சமீப காலத்தில் ஐ. மிஸ்ஸன்கோ இது சுவாசம் நிற்பதால் ஏற்படும் உயிர் இழப்பைப் பொருத்தவரையிலேயே உண்மையாகும் என்று கூறினார். ஆனால் எரிச்சலூட்டும் நேரத்திற்குள் மூச்சுத் திணறல் ஏற்படவில்லையானால் இதயநாருதறல் அளவிற்கான மின்னோட்டத்தின் விளைவினை உயரக் காரணி மாற்றாது.

காற்றின் பகுதிகளுக்கும் மனிதன் மேல் மின்னோட்டத்தின் பாதிப்பிற்கும் உள்ள தொடர்பினை, சுற்றுப்புற ஊடக அழுத்த மாறுதல்களால் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்ட அலகில் ஏற்படும் ஆரம்ப மாறுதல்களை ஆராய்வதால் கணிக்கலாம். உயர்ந்த அல்லது குறைந்த வாயுமண்டல அழுத்தங்களில் காற்றில் பிராண வாயுவின் விகிதத்தையொட்டி இந்த மின்னோட்டங்கள் அமைகின்றன என்று நிலை நாட்டப்பட்டுள்ளது. நீருக்கு அடியில் மூழ்குவோரைப் பயிற்றுவிப்பதற்காகத் தனிப்பட்ட அழுத்த அறை ஒன்றில் இந்தச்

சோதனை நடத்தப்பட்டது. சோதனைக்கு ஆளாகுபவருடன் ஒரு மருத்துவரும் அந்த அறையில் இருந்தார். அழுத்த மாற்று உபாயங்களும் அளவுக் கருவிகளும் அறைக்கு வெளியே அமைக்கப்பட்டிருந்தன. சுற்றுப்புற நிலைகள் மாறுபட்டிருந்தபோது அதற்கு ஒப்ப சோதனை நபர்கள்பால் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டமும் மாறுபட்டுக் காணப்பட்டது: மின் தூண்டுதலைப் பெறும் தோல் வாங்கிகளின் மேல் கொடுக்கப்படும் மின் அழுத்தத்தின் அளவு தொடும் மின்தடைத் திறன் குறைய, தானும் குறைகிறது. தோல் வறட்சியாக இருக்கும் பொழுது திசுக் களின் பொதுவான புல அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. விளைவாக மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகளில் சாதாரண மின் அழுத்தக் குறைவிற்கே மின்னோட்டம் ஆரம்ப எல்லைகளை அடையக்கூடும்.



படம். 5-3. வேறுபட்ட காற்று அழுத்தங்களில் காலத்தின் பகுதியாக எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டம்.

1. உயர்ந்த அழுத்தங்களில் (6 kgf/cm^2;, 2. குறைந்த அழுத்தங்களில் (0.5 kgf/cm^2; சாதாரண அழுத்தத்தில் 100 சதவிகித எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது.

அழுத்த அறையில் 15-20 நிமிடங்கள் தங்கிய பிறகு மேற்கூறும் மாறுதல்கள் தெளிவாகின்றன. இந்நிகழ்ச்சியில் காற்றில் பிராண வாயுவின் அதிக அளவு அதிகரிப்பது உடல் உறுப்புக்களில் மின் னோட்டம் விளைவிக்கும் உணர்ச்சித் தன்மையைக் குறைக்கிறது. எதிர் மாறுகப் பிராண வாயுவின் அளவு குறைந்தால் உணர்ச்சித் தன்மை அதிகரிக்கிறது. (படம் 5-3.)

காற்றில் கரியமில வாயுவின் விகிதம் மாறுவதாலும் மின் னோட்டத்தின்பால் உள்ள உணர்ச்சித் தன்மை மாறுபடுகிறது. ஆனல் இங்கு மாறுதலால் விளைவுகள் நிகழ்கின்றன: (காற்றில் கரியமில வாயு அதிகரிக்கும் பொழுது மின்னோட்டத்தின்பால் உணர்ச்சித் தன்மை அதிகரிக்கிறது.) எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் சராசரி யளவு 30 முதல் 40 சதவீதம் வரை குறைகிறது. கரியமில வாயுவின் விகிதம் அனுமதிக்கப்பட்ட சுகாதார நியமங்களைத் (1 சதவிகிதம்)

தாண்டும்பொழுது மின்னோட்டத்தின்பால் உணர்ச்சித்தன்மை இரு மடங்குகள் அதிகரிக்கிறது.

எல்லா நேரங்களிலும் சாதாரண நிலைமைகளுக்குச் சோதனை நபர் திரும்பும்பொழுது பழைய எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டம் திரும்புகிறது.

குறிப்பு, மிருகங்களின் மேல் நடத்தப்பட்ட சோதனையின் விளைவுகளைக் காட்டுகிறது. பிராண வாயுவின் விகிதத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டங்களை மாற்றுவதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. ஆ. ஐட்டிகுலோவா என்பார் தொழில் இயல் அலைவெண் மின்னோட்டம் குறைந்த சுற்றுப்புற அழுத்தங்களில் அதிக நோய்த் தன்மைகளை விளைவிக்கிறது என்று கண்டுள்ளார். அவரது கணிப்புகளை கே. அசிப்பேயவ் மற்றும் வீ.எஸ்கின் ஆகியோர் உறுதிப்படுத்தியுள்ளார்கள்.

காற்றில் நைட்ரஜனின் அளவு உறுப்புகளைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் பாதிப்பதில்லை.

சுற்றுப்புற நிலைகளால் ஏற்படும் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் மாறுதல்கள் சம்பந்தப்பட்ட உடல் இயல் பெயர்ச்சிகளோடு தொடர்பு உள்ளன. இவ்வாசிரியர் கண்ட தடயங்களின்படி காற்றில் பிராண வாயுவின் பங்கு மனித உடலின் மின் கடத்தும் தன்மையின் மேல் மாற்றங்களை விளைவிக்கிறது: அந்தத் தன்மை வாயு மண்டல அழுத்தத்தின் உயர்வால் மேலும் கூடுகிறது.

மின்புலம் 120-150 வோல்ட் /மீட்டர் வலுவுள்ள மின் புலத்தால் (இடி புயல்களின் போது இதுமேலும் அதிகரிக்கிறது) மனித உடல் எப்பொழுதும் பாதிக்கப்படுகிறது. டீ. பிரியூகோவ் கூற்றின்படி நோய் இயல் (pathogenesis) கண்ணோட்டத்துடனும் உடல் இயங்கு இயல் கண்ணோட்டத்துடனும் மனித உடலில் அயான்களின் அடர்த்தியில் (ionic flux) மின் புலம் ஏற்படுத்தும் பாதிப்புக்கள் ஆராயப்பட வேண்டியன. உயிர் உள்ள உறுப்புக்களின் மீது மின் புலம் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் மின் காற்றுத் தொகுதிகள் உயிருள்ள திசுக்களைத் தீண்டுதலால் உணரப்படுவதாகச் சோவியத் விஞ்ஞானிகள் எழுதினார்கள். திசுக்களில் மின் வேதியல் விளைவுகள் உருவாக்கும் செயலுள்ள பொருள்கள் நரம்பு வாங்கிகளைப் பாதித்து உறுப்புக்களில் சில உடல் இயல் பெயர்ச்சிகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இது மின்னோட்டங்களின்பால் உறுப்புக்கள் கொள்ளும் உணர்ச்சித் தன்மையைப் பாதிக்கிறது.

உயிர் உறுப்புக்கள் நெடுநாட்களாக (15-20 நாட்கள்) மின் புலத்தில் இருக்கும்பொழுது மின்னணு அடர்த்திகள் பிராணவாயுவின் குறைவினால் உடலில் தடைத்திறனை அதிகரிக்கின்றன என்று இந் நாட்டிலும் வெளி நாட்டிலும் பல ஆராய்ச்சியாளர்களுக்குக் கிடைத்த முடிவுகள் தெரிவிக்கின்றன. ஆ. கார்ட்டுஸென்கோ மிருகங்கள் பால் அவர் நடத்திய சோதனைகள் மூலம் மின்னணுப்பாடு (ionization) உறுப்புக்களுக்குக் கதிர் இயக்க நோய்களின் மேல் உள்ள தடையை அதிகரிக்கிறது என்று கூறினர். மின்னோட்டத்திற்கு உடல் உறுப்புக்கள் காட்டும் தடையினையும் மின்னணுப்பாடு இவ்வாறு அதிகரிக்கிறது. உதாரணமாக உயர் அழுத்த மின் நிலையங்களில் வேலை பார்க்கும்

நபர்கள் 1,000 வோல்ட்டு அழுத்தத்திற்குக் கீழுள்ள மின் ஓடும் பகுதிகளைத் தொடுவதினுல் மினனேட்ட விளைவினை உணர்வதில்லை. 110 கே. வி (k V) துணை மின் நிலையத்தில் அளவீடுகளை எடுத்தபோது 380 வோல்ட்டு மின் பாகத்தைத் தற்செயலாக இவ்வாசிரியர் தொட நேர்ந்தது. அப்போது முன்பே தாழ்ந்த அழுத்தத்தில் பெறும் அதிர்ச்சியே அவர் பெற்ருர்.

காந்தப் புலம் : பூமியின் காந்தப் புலத்தின் பாதிப்புக்களுக்கும் நோய்களுக்கும் உள்ள தொடர்பு நெடு நாட்களுக்கு முன்னதாகவே கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்தப் பொருளில் ஆ. பிரஸ்மேன் தொகுத் துள்ள விவரங்கள் சுவையானவை. அவரது புத்தகத்தில் 1930ம் ஆண்டுகளில் சோவியத் நாட்டு ஜிசப்கீ ஜெர்மன் நாட்டு வோல் கோவேர் ஜப்பான் நாட்டு டோக்காதி ஆகியோரின் ஆராய்ச்சி முடிவுகளின்படி சூரியனின் செயலுக்கும் உடல் இயல் தொடர் நிகழ்ச்சிகளின் வேகத்திற்கும் தொடர்பு உண்டு என்று கூறியுள்ளார். சூரிய ஒளி பூமத்திய ரேகையைக் கடக்கும்போது உடல் உறுப் புக்களின் எதிர் விளைவு வேகம் இரு பங்குக்கு மேல் அதிகரிக்கிறது. இந்த விளைவு சூரியன் செயல்பாட்டின் 27 நாள் மற்றும் 11 ஆண்டு சுற்றுக்களை வைத்தும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்டுள்ளது.

சோசி ஒய்வுப் பகுதியில் மேற்கொண்ட பல்வேறு பார்வையீடு களின்படி சுல்ட்ஸ் என்பார் சுவையான விவரங்களை வெளியிட் டுள்ளார். சூரியன் செயல்பாட்டினுல் இரத்தத்தை உருவாக்கும் உயிர் அணுக்களின் (blood-forming corpuscles) எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் அவர்கள் வசிக்கும் இடத்தைப் பொருத்தது என்று அவர் நிலை நிறுத்தியுள்ளார். உதாரணமாக வட பகுதிகளில் வசிப் போரிடம் இந்த மாறுதல்கள் அதிகமாகக் காணப்படும்.

பிளேக், காலரா, இன்புளுயன்சா போன்ற தொற்று வியாதிகள் வேகமாகப் பரவுதல் சூரியன் செயல்பாட்டைப் பொருத்தது என்று உள்நாட்டிலும் வெளிநாட்டிலும் உள்ள விஞ்ஞானிகள் வெளிப் படுத்தியுள்ளார்கள். இந்த வியாதிகள் பெருமளவில் பரவுவது சூரியனின் செயல்பாடு உச்சக் கட்டத்தில் இருக்கும்போதுதான். ஆஸ்திரேலியா வைச் சேர்ந்த ஆல்வாரீஸ் மற்றும் பிரிட்டன் நாட்டைச் சேர்ந்த டல் 1957 ஜுலை முதல் 1962 மே வரை 68,000 நரம்பு இயல் நோய் நிகழ்ச்சிகளை ஆராய்ந்து அவை 67 காந்தப் புயல்களோடு தொடர்புள்ளவை என்று கூறினுர்கள். டென்மார்க்கைச் சேர்ந்த பெர்க் 62 காந்தப் புயல்களோடு ஒரே நேரத்தில் நேரிட்ட 4,899 உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகள் பற்றிய விவரங்களைக் கொடுத்தார். பி. போத்ஷே பெகின் என்பார்க்கும் இதுபோன்ற முடிவுகள் கிடைத்தன. மேலும் அவ்வாசிரியர் சூரியச் செயல்பாட்டின் மாறு தல்களுக்கும் நாய்களில் எதிர் விளைவுகளில் ஏற்படும் குலைவுகளுக்கும் உள்ள தொடர்பை வெளிப்படுத்தினுர். 1966ல் என். ஜெரினிசேவ்

பூச்சிகளின் நடவடிக்கைகளைக் காந்தப் புயல்கள் பாதிப்பதாகக் கூறினார். காந்தப் புயல்கள் நடக்கும்பொழுது ஒளியால் பூச்சிகள் கவரப்படுதல் 10-50 மடங்குகள் அதிகரிப்பதாக அவர் கண்டார். வெப்பம் போன்ற உயிர் இயல் தூண்டியைவிடக் காந்தப் புயல்கள் பூச்சிகளின் மேல் அதிக விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன.

ஜி. எப்துசென்கோ போன்றோர் தடைப்படும் காந்தப் புலத்தில் மிருகங்களை ஆராய்ந்தார்கள் [துடிப்பின் நேரம் 50-70 யூ. நொடி (uS) ஒரு நாளிற்கு 1,5-3 மணிகள், புலத்தின் அழுத்தம் 300-3,000 ஓயர்ஸ்டட்டு (oersted)]. மூன்று நான்கு மாதக் காலத்தில் திசுக்கள் முழுவதும் அழிந்தன. நிலையான காந்தப் புலத்தில் நெடுநாளாக வைக்கப்பட்டிருந்த மிருகங்களில் கதிர் இயக்க நோயின் எதிர்ப்பு அதிகரித்தது.

இதே வரையறைக்குள் கீழ்க்காணும் நிகழ்ச்சி சுவையானது. தொழில் பகுதிகள் ஒன்றில் 24 மணி நேரங்களுக்குள் பூமியின் காந்தப்புல அழுத்தம் மும்முறை மாறியது. இதய நோய்களால் ஏற்படும் உயிரிழப்பு அந்தக் காலத்தில் 1.8 பங்கு அதிகரித்தது.

ஜி. ஃபிரெங்கல் மற்றும் கே. அசிப்பேயவ் மேற்பார்வையின் கீழ் ஐ. இலிப்பேயவ் செய்த சோதனைகளும் முக்கியமானவை. குளிர்காலத்திற்கும் (ஜனவரி, பிப்ரவரி) மற்றும் கோடைக்காலத்திற்கும் (ஜூன், ஜூலை) குறைந்த பட்ச இதய நார் உதறல் மின்னோட்ட அலகுகளை அவர் வெளியிட்டார். அது கோடைக்காலத்திற்கு 61.8 மில்லி ஆம்ஸ் குளிர்காலத்திற்கு 83.2 மில்லி ஆம்ஸ் ஆகும். நார் உதறலை விளைவிக்கும் மின்னோட்டம் வெப்ப மாறுதலைப் பொருத்தது. ஆனால் அது பெருமளவிற்குக் காந்தப் புலத்தின் மாறுதலை பொருத்தது. இந்நூல் ஆசிரியர் பெற்றுள்ள விவரங்கள் வானிலை அலகுகளுக்கும் மனித உடலின் மின் உடல் இயல் தன்மைகளுக்கும் உள்ள வெளிப்படையான உறவைக் காட்டுகிறது..

நாம் பெற்றுள்ள தடயங்கள் ஒரு முக்கியமான முடிவிற்கு அதாவது காந்தப் புலம் நேரிடையாக நோய்களை விளைவிப்பது இல்லை என்னும் முடிவிற்கு வர உதவுகின்றன. உயிர் உறுப்பியின் உடலில் புலத்தின் வலுவின் மாறுதல்களால் ஏற்படும் மின்னோட்டங்கள் மனித உறுப்பியின் இயக்கச் சீர் குலைவுகளை விளைவிக்கின்றன. மின் காயங்களின் விளைவுகள் இவற்றையொட்டி அமைகின்றன.

நுண் உயிர்கள். மின்னோட்டம் உள்ளிட்ட பல வெளிப்புற காரணிகளுக்கு மனித உறுப்புக்கள் கொடுக்கும் தடையினை நுண் உயிர்கள் பாதிப்பது பல ஆராய்ச்சிகளாலும் பார்வையீடுகளாலும் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. நுண் உயிர் அளவுகளில் மாற்றத்திற்கும் மின் அபாயங்களுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு எண்ணிக்கை பூர்வமாக நிலை நாட்டப்படவில்லை. ஆகவே நாம் சில பொதுக் கருத்துகளோடு அமைவோம்.

1966-67ல் பெர்க்மேன் இன்ஸ்ட்ருமென்ட் எனும் தொழிலகம் வானொலி மற்றும் மின் அணு இயல் சாதனங்களை வைக்கும் அறைகளில் உள்ள நுண் உயிர் மற்றும் வேதியல் கலவைகளின் இருப்புக்களைப் பற்றி ஆய்வு செய்தது. 133 வகையான பல கலவைகள் வேலை செய்வோரிடம் சுவாச விளைவுகளை ஏற்படுத்தின. 210 கலவைகள் தோல் கசிவினை ஏற்படுத்தின. சாம்பல் உண்டாதலும் வானொலிப் பகுதிகளில் இருந்து வாயுக்கள் உண்டாதலும் 22 வேதியல் தொகுதிகளுக்கு உட்பட்ட நானூறு விதமான கலவைகளை உண்டாக்குகின்றன. ஜெர்மன் நாட்டு மேண்டல்காப் அதிக விஷத் தன்மையுள்ள இண்டோல், மீதேன், கிரியோடைன் இவற்றில் அடங்கும் என்று குறிப்பிட்டுள்ளார். இவையெல்லாம் மனிதனின் செயற்பாட்டைப் பாதிக்கின்றன. அமெரிக்க நாட்டு லெகெர்ஸ்பர் அறைகளில் உள்ள மின் அணு இயல் குழாய்களில் இருந்து வெளிவரும் கதிர் இயக்கம் நச்சுத் தன்மையை அதிகரிக்கிறது என்று கூறுகிறார். காற்றில் உள்ள பாக்டீரியாக்களின் அளவு மாறுபடுகிறது. பயனுள்ள காற்று வெளியேற்றும் அமைப்புகளும் கூடச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தை முழுமையாகச் சுத்தம் செய்ய முடிவதில்லை. நுண் உயிரின் அளவில் ஏற்படும் மாறுதல்களும் காற்றில் வேதியல் கலவை தோன்றுவதும் மின்னோட்டம் உள்பட வெளிப்புறக் காரணிகளுக்கு உடல் உறுப்புக்கள் கொடுக்கும் தடையை மாற்றுகின்றன.

முடிவாக ஏதாவது ஒரு வகையில் மனித உறுப்புக்களைப் பாதிக்கும் சுற்றுப்புறக் காரணிகள் அனைத்துமே இந்த அத்தியாயத்தில் விவாதிக்கப்படவில்லை. தூசிகள் புற ஊதாக் கதிர் இயக்கம் (ultraviolet radiation) போன்றவை சில செயற்கைகளில் மின் காய விளைவுகளை அதிகரிக்கலாம். தீவிரத்தின் வேகத்தைக் குறைப்பதற்கும் மின் விபத்துக்களை அடியோடு தவிர்ப்பதற்கும் கீழ்க்காணும் நடவடிக்கைகள் தேவை : சுகாதாரத் தேவைகள் கண்டிப்போடு கண்காணிக்கப்பட வேண்டும். வேலை இடங்கள் நல்ல வேலை நிலைகளோடு உள்ளனவாக அமைக்கப்பட வேண்டும். மின்னோட்டம் உள்ளிட்ட சுற்றுப்புற விளைவுகளை உறுப்பி எதிர்க்கும் திறனை மேம்படுத்த வேண்டும். வருங்கால ஆராய்ச்சித் தொழிலகங்கள், வீடுகளுக்குத் தக்கபடி செயற்கை வாயுக்களைப் புகுத்திச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தைச் சமனமாக்கும் முறைகளைக் கொணரக்கூடும்.

சுற்றுப்புறத்தின் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புள்ள காரணிகளும் மனித உடலின் நிலையும் இவை சேர்ந்து மின் காயங்களின் விளைவுகளை நிர்ணயிப்பதும் மின் தடைத்திறன் கொண்ட மனித உடல் மின் சக்தியை ஏற்றுக் கொள்ளுதல் பரப்புதலையும் பொருத்தே அமைகிறது. மின் பாதுகாப்பு இயலில் இந்த முக்கியப் பிரச்சினை அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவாதிக்கப்படும்.

ஆறும் அத்தியாயம்

மனித உடல் இணைந்த மின் பாதை

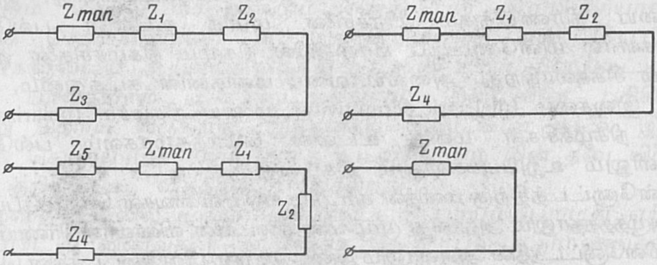
6-1. மனித உடல் இணைந்த மின்பாதையை அமைக்கும் மின்முனைகளும் மின் தடைகளும்

மனித உடலின் மூலம் செல்லும் மின் பாதை மனித உடலின் இரு மின்வாய்களுக்கு இடையில் மின் அழுத்தம் தோன்றுகிறபொழுது தொடர்ந்தும் இணைந்தும் தொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்தடைகளைக் கொண்டமைந்த ஒரு மின் பாதையாகும். மின் வாய் என்பது முதலாவதாக மின் அழுத்தம் உள்ள கடத்தி (உதாரணமாக எந்திரத்தின் ஒரு பகுதி, வெளிப்பட்ட மின் கம்பி போன்றன). இரண்டாவதாக தரையுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு பகுதி (தரை இணைப்புச்சட்டம், சாதனத்தின் நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்ட பகுதி, நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்ட உலோகம், தரை முதலியன.)

இந்த இருமின்வாய்களுக்கிடையில் மனித உடலைத் தவிர மின் தடையுள்ள பொருள்கள் ஏதும் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் (உடைகள், காலணி, தரை அல்லது சாதன மேற்பூச்சுகள் போன்றன) அது ஒரு முனை இணைப்பாகிறது. மனிதன் மின் அழுத்தத்தின் ஒரு பகுதியால் மட்டும் பாதிக்கப்படுகிறான். ஆனால் இருமின்வாய்களும் மனிதனை நேரிடையாகத் தொட்டுக் கொண்டிருந்தால் இரு முனை இணைப்பு உருவாகிறது. இந்த பாதையில் மனித உடலின் தடை மட்டும்தான் இருக்கிறது. ஆகவே மனிதன் அந்தப் பகுதியின் மூலத்தின் முழு அழுத்தத்திற்கும் ஆளாகிறான்.

படம் 6-1 மனிதன் மின்னோட்டத்தால் பாதிக்கப்படும் பொழுது தோன்றும் மின் பாதைகளின் முக்கிய வரைபடங்களைக் காட்டுகிறது. படத்தின்படி அதிகவிதமான தடைகள் மனித உடலோடு தொடர்ந்து இணைக்கப்படுகின்றன. 4-1ல் கூறியபடி இந்தத் தடைகளின் மதிப்புக்களை முதலில் சோதனை வாயிலாகக் கண்டு பிறகு சரி செய்வது சிறந்தது. அதைத் தவிர காலணியின் வேறுவகையான பின் தோல்களின் மின் கடத்தும் தன்மையையும் அளவிட்டு இந்த விவரங்களைச் சரி செய்ய வேண்டும். தயாராக இருக்கும் விவரங்கள் புலனாய்வுக்கும் பலனளிக்கும். அளவீடு செய்யும் முறை கீழே குறிப்பிடப்படுகிறது. காலணிக்கு அடியில் மனிதனின் காலின் அளவிற்கு ஒரு மின் வாய் அமைக்கப்பட்டு வைக்கப்படுகிறது. ஒரு உலோகப் பலகை இரண்டாவது மின் வாயாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. காலணி 25-30 கே.ஜி. எப் (kgf) எடையினால் அழுத்தப்பட்டது. இரு முனைகளுக்கு இடையிலான தடை அளக்கப்பட்டது. காலணியின்

தடை மின் அழுத்தத்தின் ஒரு பகுதியாக (function) வோல்ட்டு அளவி அம் அளவி முறையில் அளவீடுகள் எடுக்கப்பட்டன. விவரங்கள் ஈரமான உலர்ந்த இருவகைத் தோல்களுக்கும் கிடைக்கப் பெற்றன. அளவீடு முடிவுகள் அட்டவணை 6-1 குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. எண்ணிக்கை விவரங்கள் பின்னர் திரு. பி. ஓசிப்கா அவர்களுக்குக் கிடைத்த விவரங்களோடு அவை ஒத்துவருகின்றன.



படம். 6-1. மின்னோட்ட விளைவுகளின் வரைபடங்கள்

a, b, c - ஒரு முனை தீண்டுதல்; d - இரு முனை தீண்டுதல்

Z_{man} - மனித உடலின் பொதுத் தடை; Z_1 - காலணி அல்லது உடையின் பொதுத் தடை; Z_2 மனிதன் நின்று கொண்டிருந்த தரையின் பொதுத் தடை; Z_3 - நிலத்தின் பொதுத் தடை, தரை மின்வாய்களின் தடை; Z_4 - தரை இணைப்புக் கம்பியின் பொதுத் தடை; Z_5 - மனித உடலின் மூலம் மின்னோட்டப் பாதையில் இணைக்கப்பட்ட சாதனப் பகுதிகளின் பொதுத் தடை

அட்டவணை 6-1

காலணித் தடையின் தோராய மதிப்புகள்
(ஆரம்ப கணக்கீடுகளுக்காக)

இடம்	அடித்தோலின் வகை	தடை கிலோ ஓம்			
		மூலத்தின் அழுத்தம் வோல்ட்			
		65க்கு கீழ்	127	220க்கு மேல்	220க்கு மேல்
ஈரமானது	தோல்	1.6	0.8	0.5	0.2
	தோல் போன்று	2.0	1.0	0.7	0.5
	ரப்பர்	2.0	1.8	1.5	1.0
உலர்ந்தது	தோல்	200	150	100	50
	தோல் போன்றது	150	100	50	25
	ரப்பர்	500	500	500	500

மனித உடலின் மின் சுற்றோடு இணைக்கப்பட்ட வேறு தடைகளும் இம்மாதிரியே ஆய்வு செய்யப்பட்டன. தரைகள், நிலம், மின் கடத்தா மைதானங்கள் இவற்றின் தடைகளை அளப்பதற்கான

முறைகள் ஒரு வேலையில் விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன. அதே குறிப்பான வேலை இவ்வளவீடுகளின் பயனுகக் கிடைத்துள்ள எண்ணிக்கை விவரங்களையும் அடக்கியுள்ளது. ஒரு ஈரமான பருத்தித் துணியின் தடை *0.5-1* கிலோ ஓம் அதே துணி உலர்ந்து இருந்தால் அதன் தடை *10* முதல் *15* கிலோ ஓம் ஆகியது (மின் வாய்ப் பரப்பு நூறு சதுர சென்டிமீட்டர்).

இப்பொழுது மின்னேட்டப் பாதையின் முக்கிய பகுதியான மனித உடலின் தடை நிர்ணயிக்கப்பட வேண்டியுள்ளது. இந்தத் தடையை நிர்ணயிக்கும் பிரச்சினை மனித உடலின் பல்வேறு பண்புகளால் மின்னேட்டப் பாதையில் நிகழும் நிகழ்ச்சிகளை ஒட்டி மேலும் சிக்கலாகிறது. அவையாவன : மனிதனின் கடத்துமை, மின் காப்பு இசைமை (dielectric permittivity), முனைய நிகழ்ச்சி (polarization) எனும் நிகழ்ச்சிகள் மனித உடலில் மொத்தமாகவும் பல்வேறு திசுக்களிலும் உறுப்புக்களிலும் நிகழ்வது.

மின்னேட்டத்திற்கு மனிதன் காட்டும் எதிர் விளைவுகள் கொடுக்கப்படும் மின் அழுத்தத்தாலும் அதாவது முழு மின் தடையின் விளைவாக நிர்ணயிக்கப் படும் மின்னேட்டத்தின் அளவாலும் அமைகின்றன. மின்னேட்டத்தின் செயல் பாட்டு, எதிர்வினைப்பு உறுப்புக்களையும் (active, reactive components) பொருத்து அமைகிறது. தடைகளின் மதிப்புகளையும் மின்னேட்டத்தின் நேரத்தை யும் எடுத்துக்கொண்ட மின் ஆற்றலையும் இதன் மொத்தத்தையும் மின் புலத்தின் அதிக, குறைந்த பட்ச அழுத்தத்தையும் பொருத்திருக் கிறது. மேலும் மனித உடலின் வெவ்வேறு பகுதிகளிலும் குறிப்பாக முக்கிய பகுதிகளிலும் ஓடும் மின்னேட்டத்தின் அடர்த்தியையும் பொருத்தேயிருக்கிறது. தவிர இந்தப் பகுதிகளின் குறிப்பிட்ட பண்பு களையும் பொருத்தே அமைகிறது.

மனித உடல் மின்னேட்டப் பாதையானது செயல்பாட்டு உறுப்பு களைக் (parameters) கொண்ட மின்பாதையாகும். எந்த உயிருள்ள திசுவிற்கும் அது முக்கியமான பகுதியாக இருந்தாலும் அல்லது தனிப்பட்ட உயிர் அணுவாக இருந்தாலும் மின் செயல்பாட்டு பண்புகள் உள்ளடங்கியது. இந்த உள்ளடங்கிய பண்புகளின் மதிப்பு இந்தத் திசுவின் (உயிர் அணு, மனித உறுப்பி முற்றிலும் நிலையின் மூலம் வெளிப்படுகிறது. மனித உடலின் பகுதிகளில் மின் நிகழ்ச்சிகளை குறைத்தலோ பெருக்குதலோ போன்ற இயல்புகள் மின்னேட்டத்திற் கான எதிர் விளைவுகளின் தன்மையைப் பாதித்துக் காய விளைவின் தீவிரத்தை நிர்ணயிக்கிறது.

இரத்த அணுப் பகுதிகளில் ஒன்றைப் பற்றிய உதாரணம் ஒன்றை இங்கு கொடுப்போம். நுரையீரலிலிருந்து திசுக்களுக்குப் பிராண வாயுவைக் கொண்டு சென்று திசுக்களிலிருந்து கரியமில வாயுவைக் கொண்டு வரும் அணுப் பகுதியாகும் ஹீமோகுளோபின். சரியான இரத்த ஓட்டத்தை நிர்ணயிக்கின்ற இரத்த சிவப்பு அணுக்களில் அது அடங்கியிருக்கிறது. இரத்த சிவப்பு அணுக்கள் மின் முனைத்

தன்மை தொடர்ந்து மாறும் பண்புடையன. ஆகவே மின் ஏற்புக்களின் மதிப்பு தொடர்ந்து மாறுகின்றன. முனைத்தன்மையும் ஒரு குறிப்பிட்ட மின் ஏற்பு மதிப்பும் சிவப்பு அணுக்கள் ஒழுங்காக இயங்குவதைக் குறிக்கின்றன. இரத்த ஓட்ட அமைப்பின் மூலம் செல்லும் மின்னோட்டம் (இந்த மின் ஓட்டம் எந்த மின் காயத்திலும் நிகழ்கிறது) சிவப்பு அணுக்களின் மின் இயல் பண்புகளை மாற்றி அவற்றின் செயலைக் கலைக்கக் கூடும்.

இதயத் தசையின் மின்வலிவு வரைகோட்டை (E.M.F.) எரிச்சலூட்டும் செயல் மாற்றக்கூடும் என்று பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் ஒப்புக் கொள்கிறார்கள். ஆ. இலினு மற்றும் எஸ். தெப்லோவ் அவர்களுடைய ஆய்வுகளிலிருந்து உடலின் உயிர் மின்னோட்டங்கள் மின் பாதையால் மின்னோட்டத்தோடு இடைவினை புரிகின்றன என்று தெரிய வருகிறது. இத்தகைய இடைவினை உடல் இயங்கு இயல் செயற்பாடுகளையும் மனித உடலின் முழு மின் தடையினையும் ஒரு குறிப்பிட்ட விதத்தில் பாதிக்கிறது.

மனித உடலில் மூலம் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது ஏற்படும் குறிப்பிட்ட விளைவுகளை வருணிக்க வேறு பல உதாரணங்கள் தர இயலும். அவற்றைத் தவிர நேரியல்பற்ற அலகுகள் (non-linear parameters) கொண்ட எந்த ஒரு மின் பாதைக்கும் பொதுவான மின்-உடலியல் விதிகளாலும் மனித உடலின்பால் ஏற்படும் மின்னோட்டப் பாதை கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இந்தச் சட்டங்கள் வெப்ப, மின்னாற்பகுப்பு, மின் இயக்கவியல் மற்றும் மின் ஏற்புகளின் எந்தப் பெயர்ச்சியின் போதும் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளையும் வருணிக்கின்றன. மனித உடலின் மூலம் செல்லும் மின்னோட்டப் பாதையில் வரும் இதரப் பொருள்களும் சிக்கலான தன்மையுடையதாக இருக்கலாம்.

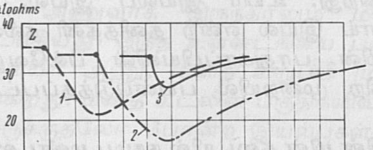
மின்னோட்டப் பாதை பல்வேறு கோணங்களில் ஆராயப்படும். இந்தப் புத்தகத்தில் மின் பாதுகாப்பு இயல் பிரச்சினைகளைக் கொண்டு அது ஆராயப்படுகிறது. உயிர் இயல்பு இயல், உடலியல் மின் காயம் பற்றிய நோய் இயல் என்ற தனித்தனி கல்விப் பிரிவுகளின் முன்னேற்றங்கள் மின் பாதுகாப்பியலின் பல்வேறு அம்சங்களைச் சரியாக மதிப்பிடுகிற முறையில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

6-2. மனித உடலின் மின் தடையில் நரம்பு மண்டலத்தின் விளைவு

30ம் ஆண்டுகளில் சோவியத் நாட்டின் ஆராய்ச்சியாளர்கள் மனித உடலின் மின் தடையில் நரம்பு மண்டலத்தின் விளைவுகள் பற்றி புலனாய்வு செய்தார்கள். யூ. செர்கீவா, எல். மைனர் மற்றும் சிலர் மனித உடலைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் இரண்டு மின்வாய்களுக்கும் உள்ளிட்ட மின் தடை நரம்பு மண்டலத்தின் நிலையை மிகவும் பொருத்து இருக்கிறது என்று கூறினார்கள்.

இந்த ஆராய்ச்சிகள் முழுமையாக இல்லாவிட்டாலும் மனித உடலின் தடை பற்றிய நமது கோட்பாடுகளை மாற்றியிருக்கிறது. யூ. செர்கீவா மனித உறுப்புக்களின் மின்தடை முகுளம் மற்றும் தண்டுவடத்தின் சில அமைப்புகளைப் பொருத்து இருக்கிறது என்று கண்டார். எல். மைனர் கழுத்தின் பரிவு நரம்பின் எரிச்சலூட்டும் நிலையால் பாதிக்கப்பட்டவர்களின் தோல்கள் நேர் மின்னோட்டத் திற்குக் குறைந்த தடையினையே கொடுப்பதாக நிலைநாட்டினர். வேறு சில ஆசிரியர்களும் வலி உணர்ச்சியை ஏற்படுத்தும் ஒவ்வொரு தோல் எரிச்சலும் தடையின் குறைவை ஏற்படுத்துவதாகக் கண் டுள்ளார்கள். கொர்டிஸ் ஒரு தனிப்பட்ட நரம்பின் கொண்மம் இந்த நரம்பின் மூலம் செல்லும் முதல் துடிப்பை (pulse) ஒட்டி மாறுவதாகக் கூறினர். இதற்குக் காரணம் உயிர் அணுவின் மேல் தோலின் மின் புரைமையில் (skin permeability) ஏற்படும் மாறுதலே என்றூர் அவர்.

கொர்வுரூன் சாதாரண நரம்பு மண்டல ஆதிக்கத்தைவிட (vagotonic constitution) பரிவு நரம்பு மண்டல ஆதிக்கம் அதிகமுடையவர்கள் (sympathicotonic vegetative constitution) குறைந்த மின் தடையையே கொண்டுள்ளார்கள் என்று காட்டினர். முதலில் அவர்களுடைய மின்தடை *16* கிலோ ஓம் ஆகவும் மின் கொண்மம் *0.15* ம்யூ.பே (μ F) ஆகவும் (*3.5* வோல்ட் *50* சுற்றுக்கள்/நொடி (Hz), மாறு மின்னோட்டத்தில்) அமைந்துள்ளது. பரிவு நரம்பு மண்டல ஆதிக் கக்காரர்களுக்கு அவை முறையே *2* கிலோ ஓம் ஆகவும் *1.2* ம்யூ.பே ஆகவும் அமைந்தன. மின்னோட்ட அளவிற்கும் மின்னோட்ட அபாயங்களுக்கும் நேரிடை விகிதத் தொடர்பு இருப்பதாகக் கொண்டு கொர்வுரூன் பரிவு நரம்பு மண்டல ஆதிக்கக்காரர்கள் மின்னோட்டத்தால் அதிகம் பாதிக்கப்படுகிறூர்கள் எனும் முடிவுக்கு வந்தார்.



படம். 6-2. மனித உடலின் மின் தடைக்கும் எரிச்சலூட்டியின் தன்மைக்கும் உள்ள தொடர்பு

1- துளைப்பு; 2- எதிர்பாராத சப்தம்; 3- கையில் தட்டுதல் எரிச்சல்களின் சமயங்கள் புள்ளிகளால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

உண்மையிலேயே அந்தத் தொடர்புகள் நேரிடை விகிதத்தில் இல்லாததால் அவரது முடிவு சர்ச்சைக்குரியது. வேறுபட்ட உணர்ச்சி நிலைகளில் ஓரளவு வலியூட்டும் தூண்டலில் மனித மற்ற மிருகங்களில் தோலின் மின் தடைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் பற்றி பல முக்கியமான முடிவுகள், உளவியல் கால்வாணிக் மறிவினை எனும் கண்டு பிடிப்பால் தரப்பட்டுள்ளன.

படம் 6-2 வெளிப்புற எரிச்சலூட்டிகளால் மனித உடலின் மின்தடையில் ஏற்படும் மாறுதல்களைக் குறிக்கும் வரைகோடுகளைக் காட்டுகிறது. வரைகோடுகளின் ஆய்வு காட்டுகிறபடி மறிவினை மாறுதல் அதிக நேரத்திற்கு நிலைத்திருக்கிறது. சில நிகழ்ச்சிகளில் ஆரம்பத் தடை 10 நிமிடங்களுக்குப்பிறகே திரும்புகிறது. கே. கோல் மற்றும் கெர்டிஸ் பல்வேறு உடல் தூண்டிகளின் செயல்பாட்டினால் மனித உடலின் மின் தடைத் திறன் குறிப்பிடத்தக்க அளவு குறைவதாக நிலை நிறுத்தினார்கள். இறுதியாக மின் தடையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் இயல்பியல் — வேதியல் காரணிகளைக் காட்டிலும் முக்கியமாக உயிர் இயல் காரணிகளாலேயே விளைகின்றன.

6-3. உயிர்த் திசுக்களின் மின் கடத்தும் திறன்

மின் கடத்தும் தன்மையின் பொதுவான கருத்துக்களுடன் துவங்குவோம். ஒவ்வொரு உயிர் உறுப்பியின், உயிருள்ள திசுவின் முக்கிய பண்பு வளர்சிதை மாற்றம் ஆகும். அதாவது வாழும் உடல் உறுப்பியல் தொடர்ந்து நிகழும் வேதியல் இயல்பியல் தொடர் நிகழ்ச்சிகள், மின்னணு உருவாதல், ஒன்று சேர்தல் இவையெல்லாம் கலந்த மூலக் கூற்று மற்றும் உயிர் அணு உயிராற்றலியல் பண்பாகும். இந்தக் குறிப்பிற்குள்ளே ஜி. பெலிட்ஸ்கீயும் மற்றும் பலரும் மனித உடலின் மின் கடத்தும் தன்மையை வெறும் மின்னணுவினதாகக் கருதினார்கள். ஜி. பெலிட்ஸ்கீ அவரது சொந்த ஆராய்ச்சி விவரங்களையும் எப். கெபிரிக் தந்த விவரங்களையும் கொண்டு உயிர் பொருட்களின் மின் கடத்தும் தன்மையின் குறிப்பிட்ட அம்சங்கள் (நேர் இயல்பின்மை, திருத்தத்தன்மை) அவற்றின் வெளிப்படலங்களில் (membranes) நிலையான மின்னணு அடர்த்தியின் பக்கவாட்டு சரிவே (செயற்கையான மின்னணு மாற்றுப் படலங்களுக்கு முரண் ஆனது).

ஜி. பெலிட்ஸ்கீக்குக் கிடைத்த சோதனை விவரங்களை ஏற்றுக்கொள்ளும் பொழுது மேற்படி கூற்றினை நிலைநாட்ட அவற்றை முடிவாகக் கொள்ள இயலாது. தனிப்பட்ட திசுக்களிலும் உயிர் உறுப்பி முழுமையிலும் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகள் வெளிக்கொணரப்படாதலால் இந்தக் கூற்றினை ஆமோதிக்க இயலவில்லை.

இந்தப் பொருளுக்கு உட்பட்டு 1960ம் ஆண்டுகளில் உடல் இயங்கு இயல் (கரிமப்பல்கூறிகளின் மின் கடத்தும் தன்மை பற்றி

புதிய கண்டுபிடிப்புக்கள் நிகழ்ந்தன. உடல் இயல் பல்கூறிகளில் விடுபட்ட மின் அணுக்கள் (free elecetrons) இல்லை யா. ஃபிரெங்கல் குறிப்பிட்டபடி). மிகச் சிக்கலான தனிப்பட்ட உயிர் இயல் பல்கூறிகளை (biopolymers) உள்ளடக்கிய உறுப்புக்களின் பல கூறுகளோடு தொடர்பு கொண்ட உயிர்த் திசுக்களில் விடுபட்ட மின் அணுக்கள் இல்லை. உடலியல் பாலிமர்களின் கடத்தும் தன்மைத் துறையில் ஏற்பட்ட கண்டுபிடிப்புக்களின் முடிவுகள்படி அணுக்களின் எதிர்மின்னி இணைப்புகள் உடல் பல்கூறி அமைப்புக்களிலும் அடங்கியுள்ளன. குறிப்பாக மூலக் கூறுகளுக்கு இடையிலான இரட்டை அல்லது மூன்று ஒருமித்த இணைப்புக்கள் (symmetrical intramolecular bonds) மிகவும் வலுவற்றவை. ஆகவே எந்த வெளி விளைவிலும் எதிர் மின்னி அணுவைவிட்டு விலகிச் சிக்கலான மூலக்கூற்றில் இடம் பெயர்ந்து செல்லக்கூடும். இது உலோகத்தின் விடுபட்ட எதிர்மின்னியின் பெயர்ச்சிக்கு ஒப்பாகும். வளிம உலோகங்களில் இத்தகைய எதிர்மின்னிப் பெயர்ச்சிகள் நடப்பதில்லை என்பது விந்தையானது. இத்தகைய பெயர்ச்சிகள் பொருள்களை அதி திடப்படுத்தும் (high solidification) போதே நிகழ்கிறது. திடநிலை உலோகங்களில் இது நிகழ்கிறது. விடுபட்ட எதிர் மின்னி பண்புகள் உலோகத்தின் மின் கடத்தும் தன்மையை (மின்சாரம் கொண்டு செல்லும் எதிர்மின்னிகள் அதிகரித்தல்) வெப்பம் உள்ளிட்ட பல சுற்றுப்புற விளைவுகளைப் பொருத்ததாக மாற்றுகின்றன. ஒரு உலோகத்தின் மின் கடத்தும் தன்மை வெப்பம் கூடும் போது குறைகிறது. வலுவற்று இணைக்கப்பட்டுள்ள எதிர்மின்னிகள், அதாவது பாலிமர்களின் குறிப்பிட்ட அம்சம் வெப்பத்திற்கும் மின் கடத்தும் தன்மைக்கும் உள்ள வேறுபட்ட உறவே. ஒருமித்த இணைப்புக்களை உடைய பாலிமர்களின் மின் கடத்தும் தன்மை வெப்பத்தை ஒட்டி உயர்கிறது. இந்தப் பாலிமர்கள் ஏற்றுக்கொள்ளும் வெப்ப சக்தி விடுபட்ட அலைந்து கொண்டிருக்கும் எதிர்மின்னிகளின் எண்ணிக்கை உயர்த்தி அவ் உயர்வு பொதுவான மின் கடத்தும் தன்மையை உயர்த்துவதை நிர்ணயிக்கிறது. உதாரணமாக இந்தப் பண்பு நாப்தலினில் காணப்படுகிறது. ஆகவே உடலியல் பொருட்களைப் பற்றிய பழைய கோட்பாடுகள், அதாவது மின் அணு கடத்தலுக்கு அப்பாற்பட்டவை என்ற எண்ணம் மாறுபடுகிறது. பல்வேறு உயிர்ப் பாலிமர்கள் குறிப்பாக மூளை உள்ளிட்ட நரம்புத் திசுக்களைக் குறிக்கும் பொருள் ஒருமித்த இணைப்புக்கள் கொண்ட உயிர்ப் பாலிமர்களின் வகையில், அதாவது எதிர்மின்னிக் கடத்தல் பண்புகள் கொண்ட வகையில் அடங்கும் என்று நம்புவதற்கு முகாந்தரம் உள்ளது. அதோடு மின்னணுக் கடத்தலும் நிகழக் கூடியதே. எதிர்மின்னிக் கடத்தல்களின் ஈடுபாடு இந்தக் கடத்தல் பிராண வாயு வளர்சிதை மாற்றத்தின்போது செல்வான உயிர் அணுக்களுக்கு உயிர் வளிமத்தை (oxygen) அனுப்புவதே உதவுகிறது என்று காட்டுகிறது. அதே நேரத்தில் எதிர்மின்னி-துளைக் கடத்தல் முறையும் (electron-hole conduction)

உயிருள்ள திசுக்களில் செயல்படுகிறது என்பது மறுக்க முடியாதது. ஏனென்ருல் உயிர் அணுக்களுக்கிடையே ஏற்படும் சக்தி பெயர்ச்சியை அவ்வாறுதான் விளக்க முடியும். நரம்புத் திசுக்களில் மிகவும் சிக்கலான, விதத்திலான மின் கடத்தும் தன்மை இருக்கிறது. இது உயிர் உள்ள திசுக்களிலேயே காணப்படும். இந்தக் கோட்பாடு உயிர் அணுக்களுக்கு இடையிலே 50-70 மில்லி வோல்ட்டு வரை மின் அழுத்தங்கள் இருப்பது காணப்படுவதிலிருந்து புலனுகிறது. இதய மின் வரைபடம் காட்டும் மின் செயல்பாட்டு சலனங்களி லிருந்தும் மூளை மின் வரைபடம் (encephalogram) காட்டும் மூளையின் மின் செயல்பாடுகளிலிருந்தும் இது தெளிவாகிறது. இதய மின் வரைபடமும் மூளை மின் வரைபடமும் காட்டுகின்ற மின் அழுத்த உயர்வு மின்னணுக்களின் பெயர்ச்சியினுல் சரியாக விளக்கப்பட முடியாது. மேற்காணும் கூற்றுக்கள் வேறு மறைமுகமான முறை களிலும் உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. எப்படி ஆனுலும் இந்த உண் மைகள் முடிவான சோதனை அல்லது கொள்கையியலான ஆராய்ச் சிகள் இல்லாமல் விளக்கப்பட முடியாது. உயிர் திசுக்களில் மின்னணு, எதிர்மின்னி, எதிர்மின்னித் துளைக் கடத்தல் முக்கியமாகக் கடைசி விளைவு அமைந்திருப்பது மிகுந்த முக்கியத்துவம் பெற்றது. உயிர் உறுப்புக்களுக்கும் தனிப்பட்ட திசுக்களுக்கும் உள்ளே நடைபெறும் பல புதிய நிகழ்ச்சிகளை இது விளக்கக் கூடும். மின் காயத்தின் உயிர் இயல் பௌதிகம் திட்டவட்டமாக் வைக்கப்படக் கூடும். அதனுல் பல சர்ச்சைக்குரிய விஷயங்கள் தீர்க்கப்படக் கூடும். இந்தக் கொள்கை மனிதனுக்கே உரித்தான பல உயிர் இயல் ஒழுங்குகளுக்கும் பத்தி 6-2ல் குறிப்பிடப்பட்ட வெளித் தூண்டுதல் களால் மின் தடைகளின் மதிப்புக்களில் மாறுதல் ஏற்படுவதற்கும் விளக்கம் தரக்கூடும்.

உயிருள்ள திசுக்களின் மின் கடத்தும் தன்மையின் இயல்புகள் பற்றிய ஆராய்ச்சி பல்வேறு நாடுகளில் நடத்தப்பட்டு வந்திருக்கிறது. இப்பொழுதே நாம் உயிர்த் திசுக்களின் மூலக்கூறுகள் மின்சாரத்தால் பாதிக்கப்படும்பொழுது உணர்ச்சிகரம் ஆக்கப்படுகின்றன. ஆகவே திசுவின் வளர்சிதை மாற்றமும் மின் இயல் பண்புகளும் மாறுபடு கின்றன. உறுப்பியின் எதிர் விளைவுகளின் மீதுள்ள அழுத்தத்தின் பாதிப்பும் இதற்கு ஒரு உதாரணமாகும்.

ஆகவே உயிர்த் திசுக்களின் தடை வெப்ப, மின் வேதியல் தொடர் நிகழ்ச்சிகளை (பொதுவாக நம்பப்படும்படி) விடச் சிக்கலான உயிர் இயல் வேதியல் மற்றும் உயிர் இயல்பியல் காரணங்களைப் பொருத்தது. அந்த நிகழ்ச்சிகளில் ஒரு வேறுபட்ட அம்சம் என்ன வென்ருல் அவை மின்னேட்டத்தின் நேர் விளைவாலும் அல்லது நரம்புத் தொகுதியின் மூலம் மறைமுக விளைவாலும் நிகழக்கூடும். 1935ல் எஸ். ஜெல்லினெக் அவர்களால் இது காணப்பட்டது : "அவர் உயிருள்ள திசுவின் மின் பௌதிக பண்புகள் இரண்டு

பகுதிகளால் நிகழ்கின்றன; அதாவது ஒன்று நேரடி செயற்பாடு (மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சுதல்) மற்றும் உளவியல் செயல் (வெளித் தூண்டுதல்களால்).'' உயிரற்ற திசுவின் மின் தடையினைவிட மனித உடலின் மின் தடை அது மாறுபடும் அலகினைக் கொண்டது; அது உறுப்பியின் நிலையினையும் பண்புகளையும் ஒட்டி மாறக் கூடியது; பின்னது சோதனையாளரின் விருப்பப்படி மாறக் கூடியது; என்ற விதத்தில் வேறுபடுகிறது, என்று கூறினர்.

எல். பொடோல்ஸ்கி, கில்டுமீஸ்டர் மற்றும் ப்ரிபர்ஜேர் என்ற மின் பொறியாளர்கள்-ஆராய்ச்சியாளர்கள், மனிதனின் மீது மின் னோட்டத்தின் விளைவினை ஆராயும்பொழுது மனித உடலில் தடையினை கண்டுபிடிக்கும்பொழுது உயிர் இயல் பாதிப்புகளுக்கு முக்கியத்துவம் தரவில்லை. வேறு வார்த்தைகளில் கூறினல் அவர்கள் நிகழ்ச்சிகளின் இயல்பியலைத்தான் ஆய்ந்தார்களே தவிர உயிர் இயல் பௌதிகத்தை ஆயவில்லை.

என். விக்டோர்சிக், ஐ. பெட்ரோவ் போன்ற உடல் இயல் ஆளர்களும் நோய் இயல் ஆளர்களும் இந்த விஷயத்தை ஆராயும் பொழுது மனித உடல் மூலம் மின் பாதையை அமைக்கும் உறுப்புக்களின் (elements) நேரடியற்றத் தொடர்பு போன்ற பௌதிக விளைவுகளைக் கருத்தில் கொள்ளவில்லை.

1940ம் ஆண்டுகளில்தான் உள்நாட்டிலும் வெளி நாட்டிலும் உள்ள ஆராய்ச்சியாளர்கள் மனித உடலின் மின் தடையினை உயிரியல்பியல், உயிர் வேதியல், இயல்பியல் மற்றும் உடலியல் நிகழ்ச்சிகளின் சேர்க்கைகளின் விளைவாகக் கருதினர்கள். இந்தத் தலைப்பில் என். பொச்ஞன்ஸ்காயா மற்றும் பீ. டாருசவ் குறிப்பிடத்தக்க ஆராய்ச்சிகளை நடத்தினர்கள். முதலாமவர் மனித உடலின் முக்கியமாக அதன் தோலின் (6-4 பார்க்கவும்) மின் தடையின் விதிகளை முடிவாக வெளிக் கொணர்ந்தார்.

குறிப்பிட்ட அளவிற்கு இந்த அத்தியாயத்தில் அத்தகைய விதிகள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஆனல் இந்த அத்தியாயத்தின் நோக்கம் உடலில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு மின் வாய்களுக்கு இடையே உள்ள மனித உடலின் தடையைக் காணுவது, இந்தத் தடையின் பகுதிகளை மதிப்பிடுவது கடைசியாக இந்தத் தடைக்கும் வேறு இயல்பியல், உடல் இயல் காரணிகளுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பினை நிர்ணயிப்பது. ஆசிரியர் மின் காயங்களை விளைவிக்கக் கூடிய மின்னேட்டப் பாதையின் அலகுகளை மதிப்பீடு செய்வதோடும் பொருத்தமான விபத்து தடுப்பு நடவடிக்கைகளை மேம்படுத்துவதோடும் நிறுத்திக் கொள்கிறர்.

6-4. மனித உடலில் மின் தடையின் அக அமைப்பு (topography)

பிரசித்தி பெற்ற ரஷிய நரம்பியல் நிபுணர் ஐ. சேச்சேனெவ் திசுக்கள் மற்றும் உறுப்புக்களின் மின் தடையினை ஆயும்பொழுது

தோலிற்கு முக்கியத்துவம் கொடுத்தார். அவருடைய ஆராய்ச்சியாலும் பிற ஆசிரியர்களது செயல்களினாலும் தோல் மின் அழுத்தப் பகுதிகள் என்று சொல்லப்படுபவை மருத்துவ புலனாய்வுக்கு உள்ளாயின.

தோலின் தடை வெவ்வேறு பகுதிகளைப் பொறுத்து வேறுபடுகிறது என்பது உடலியல் நூல்களில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கணிப்புக்கள் நூல் ஆராய்ச்சி மற்றும் செயல்முறை நோக்குகளில் ஆர்வம் விளைவிக்கவே. என். பொச்ஞன்ஸ்காயா மனித உடலில் மின் தடையின் அக அமைப்புக்கள் பற்றி ஆராயத் தொடங்கினர். அவர்களது ஆராய்ச்சிகளின் முதல் கணிப்புகளே தோல் வேறுபட்ட பகுதிகளின் மின்தடை மதிப்புக்களின் வேறுபாட்டைவிட அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பே மிக முக்கியமானது என்று காட்டியது. என். பொச்ஞன்ஸ்காயா விரிவான எண்ணிக்கையில் அளவீடுகள் செய்து இந்தத் தொடர்பு மதிப்புக்களை நிலைநாட்டினர். அதன் அடிப்படையில் தோலின் குறிப்பீட்டு தடை (reference resistance) என்பதனை நிச்சயித்தார்.

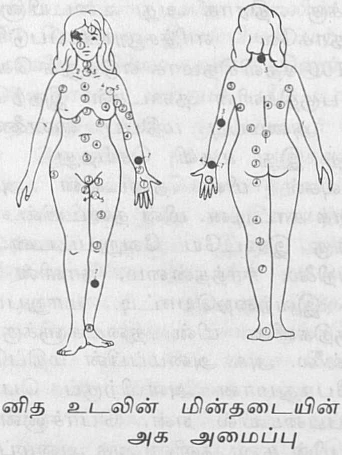
இந்தக் குறிப்பீட்டு தடை பிட்டத்தின் மூன்றும் மையப் பகுதியில் இருப்பதாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது. அளவீடுகள் இந்தப் பகுதி நிலையான மின் தடையினை கொடுப்பதாகக் குறிப்பிட்டன. இந்தப் பகுதி வியர்வை நாளங்கள் இல்லாதமைவதால் அது சரியானதே. சுற்றுப்புற காரணிகளுக்கு எதிராக அது உடையினால் பாதுகாக்கப் பட்டிருக்கிறது. அரிதாகவே எரிச்சலூட்டப்படுகிறது. இந்தப் பகுதியின் மின் தடை 100 சதவிகிதமாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. மனித உடலின் பிற பகுதிகளின் தடைகள் இதற்கேற்ப மதிப்பீடு செய்யப்பட்டன. அக அமைப்பு மதிப்பு எண்ணை (topographical. coefficient) நிலை நிறுத்த இது உதவி செய்தது.

அளவீட்டின் முடிவுகள் மின் தடையின் அக அமைப்பில் பெருத்த வேறுபாடுகளைக் காட்டின. மின் தடையின் எண் மதிப்புக்கள் பல்வேறு மனிதர்களுக்கு இடையே வேறுபட்டன. மேலும் ஒரே மனிதரிலேயே வெப்பநிலை, ஈரத்தன்மை, நாளின் நேரம் மற்றும் ஆண்டின் பருவநிலை இவற்றையொட்டி மாறுபட்டன. ஆனால் பல்வேறு தோல் பகுதிகளின் மின் தடைகளுக்கு இடையிலான உறவுகள் மாறுபடுவதில்லை. அக அமைப்பின் மதிப்பெண்கள் வெவ்வேறு நபர்களிடம் போதுமான அளவிற்குப் பொருந்தின. இந்த ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில் என். பொச்ஞன்ஸ்காயா படம் 6-3ல் காட்டியுள்ளபடி மின் தடைகளின் அக அமைப்பு இருப்பதாகக் கூறினர். இந்த அமைப்பு சிறிதளவு வேறுபாடுகள் இருந்தாலும் ஆண் பெண் இருபாலருக்கும் பொருந்தும்.

குறைந்த தடை முகத்தின் வெளிப் பரப்பிலும் (முக்கியமாக நெற்றியிலும்) கைகளிலும் பாதங்களிலும் மற்றும் கக்கங்களிலும் காணப்படுகிறது. முதலில் தோலின் வெவ்வேறு பகுதிகளின் மின் தடையில் காணப்படும்

மாறுதல்கள் மூன்று காரணிகளால் நிர்ணயிக்கப்பட்டன : 1) தோலின் மென்மை (உள்ளங்கை, பாதம்); 2) உடலில் வியர்வை நாளங்கள் அமைக்கப்பட்டிருப்பது; 3) சில சுரப்பிகளின் செயல்பாட்டினுல் ஏற்படும் உளவியல் கால்வனிக் எதிர் விளைவுகளின் பண்புகள். ஆனுல் இது தவறு என்று என். பொர்சனுன்ஸ்காயா நிரூபித்தார். அவரது அக அமைப்பு வியர்வை சுரப்பிகளின் அக அமைப்பினையோ உளவியல் கால்வனிக் எதிர் விளைவின் பரப்பினையோ பொருத்து அமையவில்லை. ஆகவே மின் தடை இரத்த நாளங்கள் இரத்தத்தால் நிரப்பப்படும் விகிதத்தை உள்ளிட்ட பல காரணிகளைப் பொருத்தது. இரத்தம் நிரம்பும் விகிதத்தின் வேறுபாடுதான் பின் பக்கத்தில் உள்ள வேறுபட்ட தடையினையும் தோள் பட்டைகளில் கீழ்ப் பகுதியின் அதிகத் தடையினையும் தோள் பட்டைகளுக்கு இடையே யும் அவற்றின் மேல் மூலையிலும் காணப்படும் ஓரளவு குறைந்த தடையினையும் இறுதியாகப் பிட்டப் பகுதியில் காணப்படும் குறைந்த தடையினையும் விளக்க முடியும்.

மேலே குறிப்பிட்ட பின்புறத்தின் எல்லாப்பகுதிகளும் குறைந்த அளவு வியர்வைச் சுரப்பிகளே கொண்டுள்ளன. ஆகையால் அது



படம். 6-3. மனித உடலின் மின்தடையின் பரப்பினைக் காட்டும் அக அமைப்பு

1• 0-20%; 2• 20-40%; 3• 40-60%; 4• 60-85%; 5• 85-110%; 6• 110-140%; 7• 140-180%; 8• 180-230%; இந்த எண்கள் மின்னேட்டத்திற்கு மனித உடலின் உணர்ச்சித் தன்மையைக் குறிக்கின்றன (தொடையின் மையப் பகுதியின் உணர்ச்சித் தன்மை 100 சதவீதமாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது). மெல்லிய வட்டங்கள் - [16] ன்படி உணர்ச்சிக்கரப் புள்ளிகள்; கருப்பு வட்டங்கள் - [57] ன் படி மின்னேட்டத்திற்கு வலுவற்ற இடங்கள்; கோடிட்ட வட்டங்கள் - [59] க்கு மாறுபட்ட மேலே குறிப்பிட்ட இடங்கள்.

அந்த வேறுபாடுகளில் காரணமாகாது. வேறுபட்ட நபர்களிடம் காணப்படும் தடையின் அக அமைப்பின் சில குறிப்பிட்ட அம்சங்கள் இன்னும் சரியாக விளக்கப்படவில்லை. குறிப்பாகத் தோலின் மின் தடை கீழ்ப் பகுதிகளில் உடலின் கீழ்நோக்கி (இடுப்பிற்கும் முழங் காலிற்கும், முழங்காலிற்கும் பாதத்திற்கும்) ஏன் அதிகரிக்கிறது என்பது இன்னும் தெரியவில்லை.

மனித உடல் இயல் பற்றிய விவரங்களைத் தேடுவது ஆராய்ச்சி யாளரின் வேலை எவ்வளவு உறுதியளிக்கக் கூடியது என்பதைக் காட்டுகின்ற விதத்தைப் பற்றி என். பொச்ஞன்ஸ்காயா மேலும் ஒரு சுவையான விவரத்தைக் கொடுத்தார். அவர் தோலின் ஊடுறுவுத் தன்மை எதிர் மின் அணுக்களுக்கும் நேர் மின் அணுக்களும் (cations, anions) வேறுபடுகிறது; முதலில் தோன்றியபடி மின்தடையோடு நேரடித் தொடர்புள்ளது இல்லை என்று நிலை நிறுத்தினர். உதாரணமாக உள்ளங்கையின் தோலின் வழியே மின்னணுக்கள் மெதுவாகவே பரவுகின்றன. ஆனுலும் அதன் மின்தடை குறைவாகவே உள்ளது. நெற்றித் தோலிற்கும் இது பொருந்தும். அதே நேரத்தில் வேறு தோல் பகுதிகளில் தேர்ந்தெடுத்த ஊடுறுவுத் திறன் வெளிப்படை யாகக் காணப்படுகிறது.

மேலும் உள்ளிட அமைப்பு மதிப்பெண்களில் காணப்படும் வேறுபாடுகள் சாதாரண நிலையிலுள்ள மனிதனின் உடல் இயங்கு இயல் தொடர் நிகழ்ச்சிகளில் ஒரு மாறுபாட்டைக் குறிக்கின்றன; அந்த மாறுபாடுகள் ஒரு நோயின் அறிகுறியாகவும் இருக்கலாம் என்று ஆசிரியர் நிரூபித்தார். தொழில் தேர்வு நோக்கில் அக அமைப்பு மதிப்பீட்டு எண்களின் பயனீடு நரம்பியல் இரத்த ஓட்டக் குழாய்கள் சம்பந்தப்பட்ட சில நோய்களைச் சரியாக மதிப்பிட உதவும்.

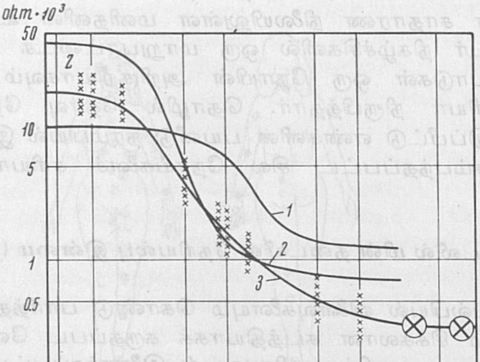
6-5. மனித உடலில் மின் தடையின் நேரியல்பு இன்மை (non-linearity)

உயிர் இயல்பியல் விளைவுகளையும் கொண்டு பார்த்தாலும் மனித உடல் மிகவும் சிக்கலான கடத்தியாகக் கருதப்பட வேண்டும். ஒரு மின்னேட்டப் பாதையில் மனித உடல் இணைக்கப்பட்ட உடனேயே அது முதலாகச் சில குறிப்பிட்ட பரிமாணங்களையும் இரண்டாவதாக ஒருமித்த தன்மையற்ற ஓரளவு கடத்தும் அமைப்பையுடைய ஒரு பொருளாக அந்த மின்னேட்டப் பாதையில் அமைகிறது. மனித உடலை ஒரு நேரடி தடைத் திறனுகக் கருதிய ஆராய்ச்சியாளர்களது கருத்து தவறுனது. 1930ம் ஆண்டுகளில் வெளியிடப்பட்டுள்ள பல அறிக்கைகள் இந்தவிதமான மின்தடை நேரியல்புத் தன்மையற்றது என்று குறிப்பிட்டுள்ளன. ஆகவே ஆல்வன்ஸ் லெபின் மனித உடலின் மின்தடை மின் அழுத்தத்தின் தொடர்பு பொருளாக, இருபது மடங்குகள் வரை மாறுபடுவதாகக் கூறினர். மின்னேட்

டத்தின் அலகுகளை மதிப்பிடக் கூடிய எண் விவரங்கள் இவரால் பெறப்படவில்லை. நாற்பது ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் இவர் செய்த பார்வையீடுகள் மின் பாதுகாப்பியல் வட்டாரத்தில் கவனத்தைக் கவர்ந்து செயல்முறை முடிவுகள் தொடராதது வருந்தத்தக்கது.

படம் 6-4 மனித உடலின் மின் தடைக்கும் மின் அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள உறவைக் காட்டுகிறது. இந்த உறவு ஃப்ரிபெர்ஜர் என்பவராலும் இவ்வாசிரியராலும் கணிக்கப்பட்டவை. இந்தப் படத்தின்படி இரண்டு முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தடை (8-10).10^3 ஓம்ஸ் இருக்கும்பொழுது 12-36 வோல்ட்டு மின் அழுத்தத்தால் மின் காயம் நேரிடலாம்.

மனித உடலின் பல்வேறு திசுக்களுக்கும் உறுப்புக்களுக்கும் மின் தடையின் நேரற்றத் தன்மை உரித்தானது. பி. ஓசிப்கா தோலின் நேரற்ற மின் தடைப் பண்புகளை மட்டும் குறிப்பிடுகிறார். ஆனால் அது உட்புறத் திசுக்களுக்கும் குறிப்பாக நரம்பு மண்டல, இரத்த ஓட்ட அமைப்பு திசுக்களுக்கும் பொருந்தும். சில ஆசிரியர்கள் பல்வேறு உறுப்புக்களின் மின் இசைமை மின்னோட்டத்தின் அலை வெண்ணைப் பொருத்தது என்று குறிப்பிட்டுள்ளார்கள்.



படம். 6-4. மனித உடலின் தடையும் மின் அழுத்தமும்
1, 2- ப்ரிபர்ஜெர் கூறியபடி; 3 - மனய்லாவ் கூறியபடி; வட்டங்களில் காட்டப்பட்டவை மின் விபத்து நிகழ்ந்த பொழுது திரை வரைபடத்தில் (oscillograph) பதிவானவை

இன்று விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படும் மின் காப்புப் பொருட்களின் உ.அ (உயர் அலைவெண்) சூடாக்கல் ஆராய்ச்சியாளர்களைப் பல்வேறு மின்காப்பு இசைமை கொண்ட இளகும் ரெசின் (plasticized resin), உயர் மூலக்கூறு பல்கூறிகள் (highmolecular polymers) வேறுபட்ட

பொருட்களை உள்ளடக்கிய நுண் பகுப்புக்களைக் கொண்ட வேறு பொருட்களைப்பற்றி புலனுய்வு செய்யத் தூண்டியது. வினர் என்பார் சிக்கலான கடத்தா அனுமதித்தன்மை (complex dielectric permittivity) கொண்ட தொகுதிகளுக்குச் சில மதிப்பீடுகள் காண்பதில் வெற்றி பெற்ருர். ஜி. ஸ்காணுவி, ஐ. புராக் மற்றும் ஐ. ஜுலேன்கோவ் ஆகியோராலும் இதேபோன்ற விவரங்கள் பெறப்பட்டன. இவற்றினுல் ஒன்று டெபையின் (Debye's)இசைமையும் மற்றது குறிக்கோள் காப்புத்தன்மையும் கொண்டதாக எடுத்துக்கொண்டு பல்வேறு அமைப்புகளில் கணக்கீடுகள் செய்ய உதவின. இவ்வாசிரியர்கள் வகுத்த விதிகள் இந்த அமைப்புகள் பற்றி நமது அறிவினை பெருக்கின. இதற்கு உள்ளடக்கிய ஒரு நான்கு தறுவாய் அமைப்பு உருப்பெற்றது. இந்த முறைகள் எவ்வளவு சிக்கலாகத் தோன்றினுலும் மனித உடலோடு ஒப்பிடும்பொழுது ஆரம்பக் கட்டத்திலேயே இருக்கின்றன. தனிப்பட்ட திசுக்களின் மின் இசைமை கிடைக்கப் பெற்ருலும் மனித உடல் முழுமைக்கும் இதைக் கணக்கிடுவது இப்போது இயலாதது.

மனித உடலின் மின் தடையை ஆராய்தல் செயல் முறைகளில் அதி அலைவெண் அளவீடுகள் புகுத்தப்பட்டவுடன் மிகவும் முன்னேறியது. இந்த அளவீடுகள் உள் உறுப்புக்களின் மின் மறிப்பு அதனது செயலாக்கப் பகுதியான தடையினுலும் அதிகமாகத் தோலின் கொண்மத்தாலும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

உடல் இயல் தூண்டுதலால் கொண்மத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் அதே தடை செயலாக்கப் பகுதியின் மாறுதல்களோடு வேறுபடுகின்றன. சில எரிச்சலூட்டிகளின் விளைவால் கொண்மம் குறைகிறது; ஆனுல் தடைத் தன்மை அதிகரிக்கிறது. இவ்வாசிரியர் தசையின் மறிப்பு ஒரு கொண்ம உறுப்பும் கொண்டது என்று கண்டுள்ளார்.

அதிக அலைவெண்களில் மின்னேட்டத்திற்கும் அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள இடைவெளி அதிக விளைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது.

ஆகவே உயிர் உறுப்புக்களின் மின்தடையை அதிக அளவிலான காரணிகள் பாதிப்பதைக் காணலாம். இந்த மின் தடை உயிரற்றப் பொருளின் மின் தடையில் இருந்து (அது நேரடியானதோ இல்லையோ) முக்கியமாக மாறுபடுகிறது. இந்த மின் தடையின் மாறுதல்களும் உறவுகளும் எவ்வாறு இருந்தாலும் மனித உடலில் மேல் உள்ள இரண்டு மின் வாய்களுக்கு இடையே உள்ள மின்னேட்டப்பாதையின் அலகுகளை மதிப்பிடுவது அவசியமாகிறது. மின் காயங்களை ஆராய்வதற்கும் விபத்து தடுப்பு முறைகளை மேற்கொள்வதற்கும் இது அவசியமானது.

6-6. மனித உடலின் மின் தடையின் கணக்கீடு

சென்ற நூற்ருண்டின் முடிவிலிருந்தே மனித உடலின் மின் தடையின் எண் அளவுகளைக் காண முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

ஐ. டிஸ்கொவ் ஒரு இறந்த உடலில் மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு மின் வாய்களுக்கு இடையிலான தடை 2×10^7 - 1×10^8 ஓம்கள் என்று குறிப்பிட்டார். மேல் தோல் உதிர்ந்தால் இந்த மதிப்பு சில மடங்குகள் குறைகிறது. உயிருள்ள உடலில் சோதனைகள் செய்த கிட்ணீங்க் அதே சந்தர்ப்பங்களில் மின் தடை 1×10^4 லிருந்து 0.6×10^4 ஓம்களுக்குக் குறைவதாகக் கண்டார்.

சோடியம் குளோரைடு கரைசலினால் தோலை நனைத்தால் மூன்று மடங்குகளுக்கு மேல் மின் தடை குறைவதாக எஸ். ஜெல்லினெக் கூறினார். கில்டிமீஸ்டர் மனித உடலின் தடை 4×10^3 முதல் 2×10^6 ஓம்கள் வரை வேறுபடுவதாகக் காட்டினார். சில ஆசிரியர்கள் தடைகளின் எல்லைகளை மட்டும் குறிப்பிடாது சரியான மதிப்புக்களைக் குறிப்பிட்டார்கள். பி. லாரண் 3×10^3 ஓம்ஸ் என்றார். ஜி. போல் 0.9×10^3 ஓம்ஸ் என்றார். அமரிக்க நிலைத்தரங்கள் 1×10^3 ஓம்களுக்கு நிகரான மதிப்புக்களைத் தருகின்றன.

சமீப காலங்களில் இந்நாட்டிலும் வெளிநாடுகளிலும் மனித உடலின் மின் தடை அதிகமாக அளவீடு செய்யப்பட்டுள்ளது. அளவீடுகள் விரிவாக மேற்கொள்ளப்பட்டாலும் முரண்பாடுகள் இன்னும் தீரவில்லை. முன்போலவே மின் வாயின் பரப்பும் தோலின் பேரில் மின் வாயை அழுத்திக்கொண்டு இருக்கும் விசையும் குறிப்பிடப்படாமல் மின் தடை மட்டும் குறிப்பிடப்படுகிறது. ''கையிலிருந்து கைக்குள்ள'' மின் குறுக்குப் பாதையின் தடை என்று கூறப்பட்டால், தீண்டப்படும் பாகம் உள்ளங்கையா புறங்கையா என்று கூறப்படுவதில்லை.

என். விக்டோர்ஜிக் முப்பது ஆண்டுகளுக்கு முன்னாலே மனித உடலின் மின் தடையின் மதிப்பீடுகள் பற்றிய பலவீனங்களைக் கீழ்க்காணுமாறு குறிப்பிட்டார் :

''நிபுணர்கள் தடையின் மதிப்புக்களை மட்டும்தான் கூறுகிறார்கள். எந்த விதமான மேற்பரப்பென்றோ திசுக்களின் அளவுகளையோ குறிப்பிடுவதில்லை.''

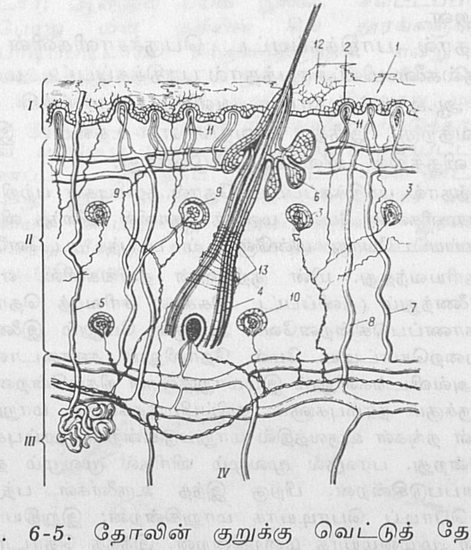
ஆகவே மின்னோட்டப் பாதையின் மின்தடை ஆராய்ச்சியாளர்களால் தோராயமாக மதிப்பிடப்பட்ட ஒரே கடத்தி மனித உடல்தான் என்று தெளிவாகிறது. முந்தையக் காலத்தில் இது ஓரளவிற்கு நியாயமானது. ஆனால் தற்பொழுது சரியான விவரங்களை எதிர்பார்க்கலாம்.

முதலாவது ஆராய்ச்சியே மனித உடலின் மேல் வைக்கப்பட்ட இரு மின்வாய்களுக்கு இடையிலான பொது தடை தோலின் தடை உட்புறத் திசுக்களின் தடை என்று இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட வேண்டும் என்பதைக் காட்டியது.

தோலின் மின் தடை இனவகைகளுக்கு ஒப்ப மாறுபடுகிறது; ஒரே மனிதனிலேயே தோலின் வெவ்வேறு பகுதிகளிலும் மாறுபடுகிறது. மறிப்பினைப் போலவே மின் தடையும் பல்வேறு இயல்பியல் அலகுகளையும் உயிர் உறுப்புக்களின் நிலையினையும் பொருத்து அமைகிறது. வியர்த்தல் தோலை ஈரமாக்கி அதன் மின் தடையினை

குறைப்பதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. வேக்னர் என்பவர் வியர்வை சுரப்பிகளில் குறைபாடுகள் உள்ளவர்களின் தோலின் மின்தடை குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பத்தில் கூட மாறுவதில்லை என்று வெளிப் படுத்தியிருக்கிறார். வியர்வை நாளங்கள் இல்லாத நாய்களின் மேல் நடத்திய சோதனைகளின் விவரங்களை அவ்வாறே மனிதனுக்குப் பயன்படுத்துவது தவறு என்று இது காட்டுகிறது.

வெளியிடப்பட்டுள்ள விவரங்களில் இருந்து தோலின் மின்தடை உட்புறத் திசுக்களின் தடையைவிட அதிகமானது என்று தெரிகிறது. இதைப் புரிந்து கொள்வதற்கு மனித உடலின் முக்கிய உறுப்பான தோலினைப்பற்றி ஆராய்வோம். சுற்றுப்புரத்தைப்பற்றி அதிக விவரங்களை உள் உடலுக்கு அளிக்கும் ஊடகம் தோல் ஆகும். வெப்பத் தானியங்கு கட்டுப்பாடு, சுவாசம் முதலியன தோலின் மூலம் நடைபெறுகின்றன. தோல் ஒரு திசு என்பதைவிட ஒரு உடல் உறுப்பு என்பதே பொருத்தமானதாகும். உயிர் உறுப்பியின் மேல் மின்னோட்டத்தின் விளைவுகள் பற்றிக் குறிப்பிடும் நூல்களில் இந்தக் காரணி ஒதுக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனால் விபத்து புலனாய்வுக்கும் மின்காயங்களின் மாதிரியங்களைச் சோதனைகளின் பொருட்டு விலங்குகளிடம் தோற்றுவிப்பதற்கும் இது முக்கியமானது.



படம். 6-5. தோலின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்

I- மேல் தோல் (epidermis); II- தோலின் நடுப்பகுதி (derm); III- அடித்தோல் திசு; IV- தசைத்திசு; 1- அடித்தோல்; 2- பாபில்லரி அடுக்கு; 3- ரெடிகுலர் அடுக்கு; 4- மயிர்; 5- வியர்வைச் சுரப்பி; 6- எண்ணெய் பசை சுரப்பி; 7- சிரை நாளம்; 8- தமணி நாளம்; 9- குளிர் உணர்வு வாங்கி; 10- வெப்ப உணர்வு வாங்கி; 11- தொடு உணர்வு வாங்கி; 12- வலி உணர்வு வாங்கி; 13- நரம்பு- கட்டுக்கள்.

இந்தப் படம் தோல் வெளிப்புறப் பகுதிகளிலிருந்து தசைத் திசுவரை அடங்கியிருக்கிறது என்று காட்டுகிறது. தோலின் தடிப்பு இரண்டு முதல் மூன்று மில்லிமீட்டர் வரையாகும். தோல் வெளிப்புற நரம்புகள் முடிகின்ற படுக்கை வசமான பரப்பை உடையது. நரம்புகளின் முடிவுகள் பல்வேறு புற நிகழ்ச்சிகளை வாங்கிக் கொள்ளு கின்றன. தோலின் பரப்பில் காணப்படும் இரத்தச் சிறு குழல்கள் தோலுக்கு வேண்டிய பிராண வாயுவைக் கொடுக்கின்றன; மற்றும் திசுக்களில் சுவாசத்தை ஊக்குவிக்கின்றன. வியர்வைச் சுரப்பிகள் தோலின் நடுப்பகுதிக்கும் அடிப்புறத் திசுக்களுக்கும் இடையே அமைந்துள்ளன. வியர்வைச் சுரப்பிகள் திரவத்தை வெளியிடுவதால் மேல் தோல் ஈரமாகிறது; தோலின் மின் தடை மாறுகிறது.

தோலின் அதிகமாக நரம்புகள் அமைந்துள்ளன. அடித்தோல் திசுவிலிருந்து புறப்படும் மைய நரம்பு நடுத்தோலில் ஒரு அடர்த் தியான நரம்பு வலையை அமைக்கிறது. ஒவ்வொரு மைய நரம்பும் நான்கைந்து நரம்புகளாகப் பிரிகிறது. மேலும் பல மெல்லிய பிரிவுகள் அவற்றில் இருந்து பரவுகின்றன. பேப்பில்லாவிற்குள் (Papilla) நுழையும்பொழுது மெல்லிய நரம்பு பிரிவுகள் இறுதி நரம்பு வடங்களாக ஒரே நரம்பாக மாறுகின்றன. இவற்றில் சில மேல் தோலில் நுழையும்பொழுது உயிர் அணு அடுக்குகளுக்கிடையே நின்றுவிடுகின்றன.

மின்காயத்தால் பாதிக்கப்பட்ட பெருச்சாளிகளின் தோல்களில் நேர்ந்த மாறுதல்களை மின் காயத்தால் பாதிக்கப்பட்ட மனிதர்களோடு ஒப்பிடுவதில் ஆ.டிராட்ஸ்காயா அளித்த ஆராய்ச்சி விவரங்களைப் புரிந்துகொள்வதற்கு இந்த விவரங்கள் உதவும். இந்த ஒப்பீடு கீழ்க்காணும் விதத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

"மின் காயத்தால் பாதிக்கப்பட்ட தோல் நரம்புகள் பற்றிய சோதனைகள் மூலமும் (பெருச்சாளிகளின் மேல்), மனிதத் தோலில் விளைந்த விபத்து காயங்கள் மூலமும் ஆராயப்பட்டபோது மின்னோட்டம் பாய்ந்த உடனேயே மாறுதல்கள் நேரிடுவது தெரியவந்தது. மின் குறிகளின் தளங்களில், எங்கு நரம்புகள் தடித்தும் ஒன்றிணைந்தும் (தனிப்பட்ட திசுக்கள் சரிவரத் தெரியாமை) ஒரே பொருளாகக் காணப்படுகின்றனவோ அங்கும் மேலும் இணைந்துள்ள திசுக் களிலும் அவற்றையொட்டிய மேல் தோலிலும் கண்கூடான மாறுதல்கள் காணப்படாத அவ்விடங்களிலும் இம்மாறுதல்கள் நிகழ்கின்றன. தொலைதூரப் பகுதிகளில் இருக்கும் நரம்புகளும் குறிப்பிடத்தக்கபடி மாறுகின்றன. அச்சு நரம்பு உருளைகள் தங்கள் உருவத்தில் மாறுபடுகின்றன. நரம்புகளின் சீர்குலைவு தினசரி நிகழ்கின்றது. பரவுதல் மூலமும் விரிதல் மூலமும் தடித்து உருகிய நிலையில் காணப்படுகின்றன. பிறகு இந்த உருளைகள் பந்து வடிவத்தில் சிதறுகின்றன; பொடிப் பொடியாக மாறுகின்றன; இறுதியாகச் சீர்குலைந்த நரம்பு பிரிவுகள் முழுமையாக மறைகின்றன. இந்தத் தொடர் நிகழ்ச்சி மின் குறியுள்ள இடங்களில் வேகமாக நிகழ்கிறது. ஆனாலும் அச்சு உருளைகளின் சீர்குலைவு தொலைதூர இடங்களிலும் வேகம் பெற்று தூசிகளாக மாறுதல் (dust-like disintegration) விளைகிறது. பேப்பில்லாவிற்குள் நுழையும் நரம்புப்

பகுதிகளில் மிகுதியான மாறுதல்களும் முழுமையான சீர்குலைவும் காணப்படுகின்றன. இரத்த நாளங்களின் சுவர்களில் செல்லும் நரம்புகள் வெகுவாகச் சீர்குலைகின்றன. அவற்றின் அச்சு உருளைகள் முழுமையாகச் சீரழிகின்றன. தோலடித் திசுவிலிருந்து தோன்றும் நடுத்தோலுக்கும் அமைந்த தடித்த மைய நரம்புகளும் ஏனைய நரம்புகளைப் போலவே சீர்குலைகின்றன.

இவ்வாசிரியர் நரம்பு முடிவுகளின் பலத்த சீர்குலைவினை சுட்டிக் காட்டுகிறார். இவ்வாசிரியரின் பார்வையீடுகளின்படி சில மிருகங்களில் மின்சாரத்தால் ஏற்படும் மாறுதல்கள் தண்டுவடம் உள்ளிட்ட முழு நரம்பு மண்டலத்திலேயே காணப்படுகின்றன. ஆ. டிராட்ஸ்காயா கண்ட முடிவுகளை விவாதிப்பதற்கு முன்னால் அவர்களது பார்வையீடுகள் சிலவற்றைப் பார்ப்போம்.

நிகழ்ச்சி 6-1. 35 வயதுகள் உள்ள ஈ எனும் மின்பணியாளர் ஒரு சாதனத்தைப் பழுது பார்க்கும்பொழுது வெளிப்பட்ட எரியிழைக் கம்பியைத் தனது இடது கையின் நடு மற்றும் மோதிர விரலால் தொட நேர்ந்தது; அதே நேரத்தில் ஒரு தண்ணீர்க் குழாயைத் தனது இடுப்புப் பகுதியால் தீண்ட நேர்ந்தது; மின் அழுத்தம் 380/220 வோல்ட் ஆகும். இதன் விளைவாக 200 வோல்ட் மின் அழுத்தத்தால் அவர் பாதிக்கப்பட்டார். காயம் ஒரு மருத்துவ நிலையத்தில் நிகழ்ந்தது. பாதிக்கப்பட்டவர் தரமான சிகிச்சை கொடுக்கப்பட்டார்; ஆயினும் பயன் இல்லை. 'வெட்டப்பட்ட திசுக்களைப் பார்வையிட்டபோது மின் குறியின் சில தூரங்களுக்கு அப்பாலும் நரம்புகள் பொடிப்பொடியாகச் சீர்குலைந்திருந்தன என்று தெரியவந்தது. அடித்தோல் திசுவிலிருந்து புறப்பட்ட ஒன்பது நரம்புகளைக் கொண்ட மையம் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல்களைக் காட்டியது' — இவ்வாறு மருத்துவப் புலன் ஆய்வு அறிக்கை குறிப்பிட்டது. மரண விளைவுகளை ஏற்படுத்தாத நரம்புகளுக்கு இதர சேதங்கள் பல்வேறு இதர இடங்களில் காணப்பட்டன. பூதக் கண்ணாடியால் காணப்பட்ட ஒரு திசுப் பகுதி படம் 6-6ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அம்புக்குறி ஒன்று தூசி போன்று பொடிப்பொடியாகச் சீர்குலைந்த நரம்பு அச்சு உருளையைக் காட்டுகிறது. அம்புக்குறிகள் இரண்டும் மூன்றும் உடைப்புகள் பெற்று வீக்கமும் உருகு நிலை அமைப்பும் கொண்ட இதர அச்சு உருளைகளைக் காட்டுகின்றன.

படம். 6-6. பாப்பில்லா அடுக்கிற்குக் கீழேயுள்ள நரம்பு வடம் மின் குறியினுக்கு அருகுள்ளது (மின் காயத்தால் இறந்த மின் பணியாளர் ஈ.) படம் சேதங்களின் வேறுபட்ட தன்மைகளைக் குறிப்பிடுகிறது.

படம் 6-7 இந்த மின் பணியாளரைக் கொன்ற அதே மின் அழுத்தத்தால் கொல்லப்பட்ட ஒரு பெருச்சாளியின் தோலில் உள்ள நரம்புகளுக்கு ஏற்பட்ட சேதத்தைக் காட்டுகிறது. இந்தச் சேதங்கள் பல விதங்களில் ஒரே மாதிரியாகக் காணப்படுகின்றன. இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் நரம்புகளை அடுத்துள்ள திசுக்கள் பாதிக்கப்படவில்லை. மனிதர்களைப் பொருத்த அளவில் எல்லா உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளிலும் ஆ. டிராய்ட்ஸ்காயா இதனையே கண்டார்.

மேற்கூறிய ஆசிரியர் அளித்த விவரங்கள் வீ. செட்ரிக்கோவ் அவர்களது பார்வையீடுகளுடன் ஒத்து வருகின்றன. அவர் 1974ல் பாதிக்கப்பட்டவர்களின் மூளைகளின் மேல் நரம்பு இயல் ஆய்வுகளை நடத்தினர். அவர் மத்திய நரம்பு மண்டல வடத்தில் இது போன்ற சீர்கேட்டைக் கண்டு மூளையில் இரத்த ஓட்டத்தில் ஏற்பட்ட தடைகளால் இது நடந்திருக்கக்கூடும் என்ற முடிவிற்கு வந்தார்.

மேலே குறிப்பிட்டது உடல் முழுதிற்கும் 'மின் பாதைகளாகப்' பயன்படும் நரம்புகள் அவற்றைச் சுற்றியுள்ள திசுக்களைக் காட்டிலும் அதிகமாகச் சேதப்படுத்தப்படுகின்றன என்பதற்கு நிரூபணமாகும்.

இந்தப் புத்தகத்தில் முந்தைய விவரங்கள் பற்றி நன்கு அறிந்திருக்கும் வாசகர்களுக்கு இந்த முடிவு எதிர்பார்க்கக்கூடியதே. விபத்துக்களின் புலனய்வும் மின்னோட்ட விளைவுகளின் ஆய்வும் மின் காயத்தின் மொத்த விளைவு மின்னோட்டத்தால் அதிகம் பாதிக்கப்படுகின்ற நரம்பு மண்டலத்திற்கு ஏற்படும் சேதத்தை பொருத்தது என்று காட்டுகின்றன. சில எரிச்சலூட்டிகளின் விளைவாக மின் தடையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் இதை ஓரளவிற்கு விளக்குகின்றன. (படம் 6-2).

படம். 6-7. மின் குறிக்கருகில் நரம்பு வடம் (பெருச்சாளி நம்பர் 24 சோதனை மின்காயத்தின் ஐந்து நாட்களுக்குப் பின்னர் அறுவை சோதனை (biopsy) செய்யப்பட்டது)

1- அச்சு உருளை (உருகிய வடிவம்); 2- தடித்த அச்சு உருளை; 3- நோயால் மாற்றமடைந்த மைய நரம்பு வட இழைகள், மையலின் இழைகள் சிதைந்து பகுதிகளாகச் சீர்கெட்டிருப்பதைக் காணலாம்; 4- அச்சு உருளை சீர் குலைந்து நீண்ட வட்ட உருளை வடிவத்திலும் (elongated globules) பொடியாகவும் ஆனவை.

பி. மத்தியூஸ் பொதுவாக நரம்பின் மற்றும் அதனது மேலுறை, உள்வடம் இவற்றின் மின் கடத்தும் திறனின் எண் மதிப்புகளை மதிப்பீடு செய்ய முயன்றபோது மனித உடலில் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகளில் நரம்பு மண்டலத்தின் மின் கடத்தும் திறனின் முக்கிய பங்கு காணப்பட்டது. நரம்பின் மேலுறை அதிக தடைத் திறனைக் கொண்டுள்ளது. ஆனால் அதன் மைய வடத்தில் ('core') அது மிகக்குறைவானது ஆகும். நரம்பின் தடைத் திறனை அதன் தனிப்பட்ட பகுதிகளின் அடிப்படையில் அளவீடு செய்வது எளிதானதல்ல. இறந்த உடலில் செய்த அளவீடுகளின் முடிவுகளை உயிருள்ள உறுப்புகளுக்கு மாற்றுவது கடினம். உயிருள்ள நரம்பினை அளவீட்டு மூலத்தில் இணைத்தால் மின்னோட்டம் எவ்வளவு குறைவாக இருந்தாலும் நரம்பின் மின் இயற்பியல் பண்புகள் மாறுவதால் முடிவுகளைக் குலைக்கிறது. பி. மத்தியூஸ் செய்த சோதனைகளைத் தொடர்ந்து இந்நூலாசிரியர் அத்தகைய அளவீடுகளைச் செய்ய முற்பட்டார். இந்நூலாசிரியர் மேற்கொண்ட வோல்ட்டு மீட்டர் அம்மீட்டர் அளவீட்டு முறை ஏட்டளவிலேயே எளிதானது; செயல் அளவிலே கடினமானது. ஏனென்றால் மிக நுண்ணிய மின் வாய்களையும் மிகக் குறைந்த மின்னோட்டங்களையும் (10^{-10} — 10^{-12}ஆம்பியர்கள்) பயன்படுத்த வேண்டியிருந்தது. ஆசிரியர் நரம்பு வடங்களின் தடைத் திறன் 0.02 — 0.06 ஓம்-மீட்டர் (ohm-m) என்று கண்டார். இது மத்தியூஸின் கண்டுபிடிப்புகளோடு ஒத்து வரக் கூடியது. நரம்பு வடத்தின் தடைத்திறன் இரத்தத்தின் தடைத்திறனை விட இரண்டு மடங்குகள் குறைவானது. பின்னது 1.5-2 ஓம்-மீட்டர் என்று நிலை நாட்டப்பட்டுள்ளது. மனித உடலின் மொத்த தடைத்திறனாகக் கொள்ளப்பட்டுள்ள $(1.5\text{-}2)\times10^2$ஓம்-மீட்டர். இதனைப் போல நரம்பு வடத்தின் தடைத்திறன் நான்கு மடங்குகள் குறைவானது.

என். லெவன்சவ் நரம்பாகக் கொள்ளக்கூடிய தண்டுவட நீர்மம் (spinal cord fluid) 0.5 ஓம்-மீட்டர் தடைத்திறன் உள்ளது. இது குறைந்த தடைத்திறன் உள்ளதாகப் பொதுவாகக் கருதப்படும் இரத்த நீர்மத்தின் தடைத்திறனைவிடக் குறைவு என்று காட்டினார். இதனால் நரம்பு மண்டலம்தான் மிகக்குறைந்த தடைத்திறன் உள்ளது என்று புலனாகிறது.

உயிர் உறுப்பின் மேல் முக்கிய 'மின்னோட்டப் பாதை' பிரச்சினைக்கு மறு ஆய்வு காண இவையெல்லாம் காரணங்களாகும். அந்தப் பாதை இரத்த நாளங்களாலும் தசைகளாலும் அமைந்துள்ளது என்று பொதுவாக நம்பப்பட்டது. அவற்றின் மொத்தப் பகுதி நரம்புகளைவிட மிகக் குறைவானது. ஆனால் குறைந்த தடைத்திறன் நரம்புகள் மின்னோட்டத்தை நன்கு கடத்துவதனால் மின் காயங்களின் விளைவிற்கு நரம்புகளே முக்கிய காரணம் என்று தெரிய வருகிறது.

படம் 6-2 மீண்டும் குறிப்பிடும் தோல்-கால்வனிக் எதிர்விளைவின் (reflex) நிகழ்ச்சிகள் அனைத்தும் (படத்தில் வளைகோடுகளால் காட்டப்

பட்டுள்ளன) மேற்கூறிய கூற்றை நிரூபிக்கின்றன. மின்விபத்துக்களில் புலனுய்வுகள், சிறப்பு ஆய்வுகள் செய்யும் நிபுணர்களின் மற்றும் மின் நோய் இயல் ஆளர்களின் கவனத்தையும் தோலினும் தோல் அடியினும் மின் முனைக்கு அடியில் (under-electrode area) உள்ள "மின்னேட்ட குறிகள்" பற்றி தீவிரமாக ஆய்வதின்பால் திருப்புவது எவ்வளவு முக்கியமானது என்பதை இது காட்டுகிறது. மின்னேட்டத் தின் நுழைவு, பாதை, வெளிச்செல்லல் பாதை இவற்றைப் பற்றிய ஆய்வு மின்காயத்தின் உயிர் உடல் இயல் நுட்பத்தைப் (Biophysical mechanism) பற்றி நன்கு புரிந்து கொள்வதற்கும் விளைவாக மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படைகளைப் பற்றி நமது அறிவினை பெருக்கு வதற்கும் உதவும்.

மனித உடலின் மின் தடையினை பல காரணிகள் பாதித்த போதிலும் செயல் முறை பயன்பாட்டிற்கு மிகத் தேவையான இந்தத் தடையின் எண் மதிப்பீடுகளை விஞ்ஞானிகள் கண்டுபிடிக்கக் கடமைப்பட்டுள்ளார்கள். அமெரிக்க நிலைத்தரங்களின்படி மனித உடலின் தடை 1,000 ஓம்கள் ஆகும். ஜி. போல் இதனையே உறுதிப்படுத்துகிறார். ஆனாலும் வேறுப்பட்ட கருத்துக்கள் நிலவுகின்றன. புர்டன் மனித உடலின் தடை 500 ஓம்கள் என்று கூறுகிறார். பி. லாரண் அதன் மதிப்பு 3 கிலோ ஓம் என்று கூறுகிறார். மேற்கூறிய ஆசிரியர்கள் அனைவரும் அந்தத் தடைகளின் மதிப்பைக் காட்டிய மின் அழுத்தங்களைக் குறிப்பிடவில்லை. ப்ரீபெர்ஜர் மட்டும் தான் அந்த உறவினை தெளிவாகக் குறிப்பிட்டுள்ளார்.

ஆ. கிசலவ் என்பார் உள்நாட்டின் பல ஆசிரியர்களின் கருத்துக் களைத் தொகுத்து (தொழில் அலைவெண் மாறுமின்னேட்டத்தில்) மனித உடலில் குறைந்த பட்ச மின்தடை 1,000 ஓம்கள் என்று குறிப்பிட்டுள்ளார்.

இந்நூலாசிரியர் 35 ஆண்டுகளாக மின் விபத்துக்கள் பற்றி புலனுய்வு செய்து இந்தத் தடை பற்றி விரிவான தடயங்களைச் சேகரித்துள்ளார். அவருக்குக் கிடைத்துள்ள விவரங்கள் கீழே காணும் அட்டவணை 6-2ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பிரான்சு நாட்டு ஆராய்ச்சி யாளர்களது விவரங்களோடு ஒத்து வருகிறது.

பி. ஓசிப்கா கீழ்க்காணும் அளவுகளைத் தருகின்றார்: கை — உடல் — கை பாதையில் 1,360 ஓம்கள்; கை — உடல் — கால்கள் பாதையில் 970 ஓம்கள்; கைகள் — உடல் — கால்கள் பாதையில் 670 ஓம்கள். அட்டவணை 6-2ல் காணப்படும் விவரங் களிலிருந்து இவை அதிகம் மாறுபடுவதில்லை.

உயிர் உறுப்பின் மின் தடையின் முக்கிய அம்சம் அவற்றினது அளவுகள் இறப்பிற்குப் பின் மாறுபடுகின்றன. இந்த விளைவுகள் பி. டார்சோவ், கல்வன்கோவன் மற்றும் இ. ஃபிரெங்கல் ஆகியோரால் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. பின்னவர் இறப்பிற்குப் பின் ஏற்படும் தடையின் உயர்வு 1.6 பங்கு என்று குறிப்பிட்டார்.

மனித உடலில் மின் தடையின் தற்காலிகமான மதிப்பீடு செய்யப்பட்டுள்ள அளவீடுகள்

('புல். சாக் பிராங்க் டெஸ் இலாக்டார்' எண். 7, 1952 மற்றும் ஆசிரியரின் அளவீடுகளின் படி)

மின்னோட்டப் பாதை	மின் தடை, கிலோ ஓம்களில்			
	வழங்கும் மின் அழுத்தம், வோல்ட்டுகளில்			
	65க்குக் கீழ்	127	220	220க்கு மேல்
1. உள்ளங்கைக்கும் கையின் கீழ்ப் பகுதி அல்லது தோளுக்கும் இடையில்	3.2	2.5	0.8	0.65
2. கையின் வெளிப் பகுதிக்கும் அல்லது தோளுக்கும் காலிற் கும் இடையில்	3.6	2.8	1.2	0.8
3. உள்ளங்கைக்கும் கால்களுக்கும் இடையில் அல்லது உள்ளங் கைகளுக்கும் இடையில்	4.4	3.4	1.6	1.2

இந்த உயர்வு, உயிர் இயல் மின்செயற்பாடுகள் நிற்பது திசுக்களின் மின்னணு கடத்தலை வளர்ப்பதின் மூலம் நிகழ்கிறது. பின்னர் தடை குறைவது இறப்பின் குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பின்னால் உயிர் அணுக்களுக்கு இடையே உள்ள தொடர்புகள் (intercellular bridges) அழிவதால் நிகழ்கிறது.

இ. ஃபிரெங்கல் குறிப்பிட்ட மதிப்பெண் மறுக்கப்படக் கூடியது. மேலும் இவ்வாசிரியர் பார்வையீடுகளாலும் நன்கு உறுதிப்படுத்தப் பட்டுள்ளது. ஆனாலும் இது அரிதாகவே பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனென்றால் விபத்துகளை ஆய்வு செய்யும்பொழுது மின்னோட்ட அலகுகளைக் கண்டறிவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் மின்தடையின் தோராயமான மதிப்புகள் மிகச் சரியாக இருக்க வேண்டியதில்லை.

மிகப் பொதுப்படையான வடிவில் கொடுக்கப்பட்டாலும் மனித உடலின் மின்தடையின் எண்ணிக்கை பண்புகள் திசுவின் மின் வலுவின் விவரங்கள் இல்லாவிட்டால் முழுமை அடைவதில்லை.

மின்பாதுகாப்பு நோக்கில் விவாதிக்கப்பட்ட எல்லா உறுப்புக் களிலும் மற்றும் திசுக்களிலும் தோல் சரியாகச் சொன்னால் அதன் மேல் பரப்பு குறிப்பிடத் தக்க அளவு மின் செறிவினைக் கொண் டுள்ளது. பீபர்ஜெர் மின்தடையின் நேரற்றத் தன்மையைக் குறிப் பிட்டு அது நரம்புகளின் துளைகளால் ("histological puncture") என்று கூறினர். ஜி. ஃபிரெங்கல் மற்றும் சில ஆசிரியர்களும் அவ்வாறே கூறினார்கள்.

வி. கொரல்கோவோ 10-50 வோல்ட்டுகளில் கூடத் தோல் துளை உருவாகிறது என்று குறிப்பிட்டார். மற்றும் ஒரு ஆசிரியர் எல். பொடல்ஸ்கீ இன்னும் குறைந்த மின் அழுத்தங்களில் துளைகள் விளைவதாகக் கருதுகிறார். ஆனால் இந்நூலாசிரியரின் பார்வையீடுகள் அவற்றினின்று வேறுபடுகின்றன. மாற்று சிகிச்சை முறைக்காகத் தயாரிக்கப்பட்ட தோல் பகுதிகளைப் பரிசிலனை செய்த பொழுது அவற்றின் மின் வலு அதிகமாக உள்ளதாக, அதாவது 280-480 வோல்ட்டு-மில்லிமீட்டர் ' ஆகக் காணப்பட்டது. அதே நேரத்தில் அபாயம் விளைவிக்காத சோதனைகளுக்கு முன்வந்த நபர்களிடம் செய்த சோதனைகள் மூலம் சில சென்டிமீட்டர்கள் தள்ளி உடலில் ஒரு குறிப்பிட்ட விதத்தில் மின் வாய்களை அமைத்தபோது 15 முதல் 20 வோல்ட்டு வரை மின் வளைகோடு அளவிலும் அலை அமைப்பிலும் மின்னோட்டம் பெருமளவில் வேறுபடுவதாகக் காணப்பட்டது. சோதனைகளுக்குப் பிறகு உடனேயே தோலின் மேல்பரப்பு நன்கு ஆய்வு செய்யப்பட்டபோது துளைகள் எதுவும் காணப்படவில்லை. ஆகவே திசுக்களுக்கு உள்ளே காணப்படும் மின் புலத்தின் அதிக அழுத்தமும் திசுக்களின் மின்செறிவில் உள்ள வேறுபாடுகளும் மூலக்கூறுகளின் இணைப்புகள் முறிவதை (intramolecular breakdown) தொடர்ந்து மூலக்கூற்றின் இடையில் ஏற்படும் சிதைவுகளின் விளை வாகக் கொள்ளலாம். அந்நிகழ்ச்சியின் விளைவாகத் தோன்றும் கடுமையான வலி இக்கூற்றிற்கு மேலும் ஒரு நிரூபணமாகும். இந்த மின் அழுத்தங்களில் தோல் துளைக்கப்படுவதில்லை. உண்மையிலேயே அதிக மின் செறிவின் காரணமாக அதனை துளைப்படுத்துவதும் இயலாது.

மூலக்கூறுகள் சிதைவதற்கு மேலுமொரு உதாரணம் அளவீடு களுக்குச் சில நேரத்திற்குப் பிறகு (2-3 மணிகள்) தோல் சிவப்பாக மாறி புண்ணுவதாகும். மின்வாய்கள் மணிக்கட்டிலேயே வைக்கப் பட்டால் 6-15 வோ அழுத்தங்களிலேயே அந்தப் புண்கள் ஏற்படு கின்றன. வெட்டுக் காயங்களுக்குப் பிறகு தகுந்த சிகிச்சையளிக் காததால் தோன்றும் சிவப்புத் தன்மையினின்றும் இது மாறுபடுவதாக மருத்துவர்கள் கண்டுள்ளார்கள்.

ஆசிரியர் எடுத்த கணக்கீடுகளின்படி தோலில் துளையிடுதல் தோலில் அடையாளங்களை விளைவித்தாலும் அதன் பொதுத் தடை யினைக் குறைப்பதில்லை. தடையின் மதிப்பீடுகளையும் பாதிப்பதில்லை.

மனித உடலில் இரு மின் வாய்களுக்கு இடையே ஆன மின் தடையின் எண்ணளவுகளை நிர்ணயித்தல் பற்றிய விவாதத்தை முடக்கும்பொழுது இந்தத் தடை சுற்றுபுற ஊடகத்தின் வேதியல் பொருட்களையும் குறிப்பாகப் பிராணவாயுவையும் • கரியமிலவாயுவை யும் பொருத்தது என்பதையும் குறிப்பிட வேண்டும்.

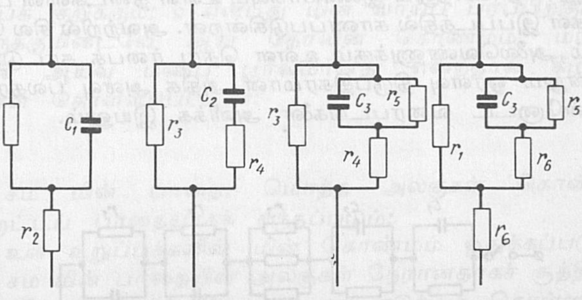
ஆகவே காற்றில் பிராண வாயுவின் அளவு அதிகரிப்பது உறுப்பியை வலுப்படுத்துவது மட்டுமல்லாது, மின்னோட்டத்தின் பால் உணர்ச்சி கரத்தைக் குறைக்க ஒரு தடையாகவும் விளங்குகிறது.

முடிக்கும்போது மனித உடலின் மின் தடை உயிரற்றப் பொருளின் தடையோடு அதிக அளவிற்கு மாறுபடுகின்றது என்று உறுதிப்படுத்த வேண்டும். ஆகவே பி. ஓசிப்கா அவர்கள் சொன்ன "மனித உடல் பல மின் பகு பொருட்களையும் ஓரளவு கடத்தும் இழைகளையும் கொண்ட ஒரு சிக்கலான தொகுதி" என்பது சரியாகாது.

6-7 மனித உடலின் மின் தடையின் சமவிளக்கப்படங்களும் மாற்றக்கால அலையைக் கண்டறிதலும்

6-5 ஆம் பத்தியில் மனித உடலின் தடை, செயல்பாட்டு ஒன்றினையும் கொண்மி ஒன்றினையும் கொண்டது என்று குறிப்பிடப் பட்டுள்ளது. இந்தப் பகுதிகள் எவ்வாறு தொடர்பு கொண்டுள்ளன என்று குறிப்பிடப்படவில்லை.

இது எளிதான பிரசினையல்ல. மனித உடலின் மின் தடை நேரற்றது. இந்த நேரற்றத் தன்மை மேலே கூறப்பட்டது போல் பல இயல்பியல், உயிரியல், வேதியல் காரணிகளைப் பொருத்துள்ளது. இந்த நேரற்றத்தன்மையின் இயல்பு மிகவும் சிக்கலானது. இதுவரை நிச்சயமாக உறுதிப்படுத்தப்படவில்லை. ஆகவே பல விஷயங்களை நாமாக எடுத்து கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது. எல்லா அலகுகளும் நேரானவை என்றே எடுத்துக் கொண்டு இப்பிரசினையை அணுகிச்



படம். 6-8. ரூபின்ஸ்டீன் கூறியபடியான சம மின்னோட்டப் பாதை

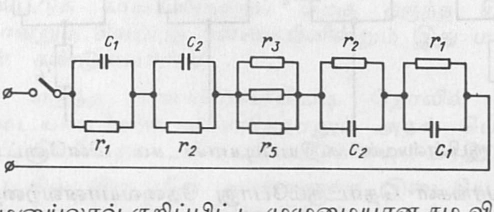
சோதனை விவரங்கள் தொடரும்போது தேவையானவற்றைப் புகுத்திக் கொள்ளலாம். இத்தகைய முறையின் காரணம், உயிர் இயல்பியல், உயிர் வேதியல் நிகழ்ச்சிகளில் பெரும்பாலானவை, மின்காயம் ஏற்பட்டவுடன் துவங்குவதில்லை. குறிப்பிட்ட கால கட்டத்திற்குப் பின்னரே வெளிப்படுகின்றன. படம் 6-2ல் காணப்பட்டுள்ள வளை கோடுகள் மூலம் இவை விளங்குகின்றன. பல்வேறு இயல்பியல் தூண்டிகளின் செயல்பாட்டின்போது மனித உடலின் மின் தடை அதில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. மாறுதல்கள் சில நிமிடங்களுக்குப்

பின்னரே நிகழ்கின்றன. ஆனுல் விபத்துப் புலனுய்வின்போது மின்னேட்டப் பாதையின் அலகுகளின் கணக்கீட்டின் போது மதிப்பீடு செய்யப்பட வேண்டிய மாற்றக்கால அலே (transient) மில்லி செகண்டுகளேத் தாண்டுவதில்லே.

மின் அழுத்தத்தின் நேரின்மை இன்னும் சிக்கலானது. இந் நேரின்மை மாற்றக்கால அலேயைப் பாதிக்கும்படி தங்கிவிடுகிறது. படம் 6-4ல் மின் அழுத்த நேரின்மையின் இயல்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தக் காரணியை விட்டுவிட்டால் ஆய்விலுள்ள மின் தடையைக் கொண்டுள்ள மின்னேட்டப் பாதையின் மாற்றக்கால அலேயைப் பண்பளவிலேதான் நிர்ணயிக்க முடியும். எண்ணளவிலே தீர்மானிக்க முடியாவிட்டாலும் இதுவும் பயன்தருவதே என்று நாம் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

உயிருள்ள திசுவின் சம தடையின் வரைபடம் ஜே. ஃபிரிக்கி என்பாரால் முதலில் தரப்பட்டது. கோல் மற்றும் கெர்டிஸ் பின்னர் நரம்பு மற்றும் தசை இழைகளுக்குக் கண்டு சொன்னுர்கள்.

1928 கூறப்பட்ட உயிரணு உயிர்த்திசு, பொதுவாக உயிருறுப்பி இவற்றிற்கான சம தடையின் வரை படங்கள் படம் 6-8ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. தொடர்ந்தும் இணேயாகவும் உள்ள தடைகளின் பல்வேறு சேர்க்கைகள் இப்படத்தில் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் சில பொதுத் தடைக்கும் அலேவெண்ணுக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்றன. ஒவ்வொன்றும் ஓரளவு திருப்திகரமான அதிக அளவு பலதரப்பட்ட ஒப்பு மின்னேட்ட வரைபடங்களே அளிக்க இயலும்.



படம். 6-9. மனுய்லாவ் குறிப்பிட்ட முழுமையான சம விளக்கப்படம்

படம் 6-9ல் காட்டப்பட்டுள்ள ஒரு படத்தை இப்போது பார்ப்போம். அது மற்றவற்றினின்றும் உள் உறுப்புக்களின் தடை தொடராகவும் இணேயாகவும் சேர்க்கப்பட்டுள்ள மூன்று தனி தடைகளேக் கொண்டுள்ளது. மின்னேட்டத்தைக் கொண்டு செல்லுகின்ற தொகுதிகளின் (தசைகள், ரத்தக் குழாய்கள், நரம்புகள்) தடைத் திறன்களில் உள்ள வேறுபாடுகளே இது காட்டுகிறது. அவற்றினுடைய

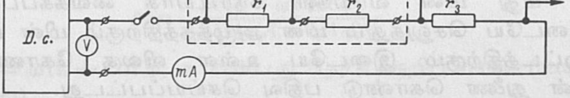
முக்கிய இயக்கங்களையும் மின்கடத்தும் தன்மையின் மாற்றங்களையும் பொருத்த அளவில் ஒவ்வொரு தொகுதியும் தனித்தன்மை மாற்றும் காரணிகள் r_1 என்பதால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. ஈரத்தன்மை, வெளி வெப்பம், வாயுப் பொருள்களின் விகிதம் போன்ற வெளித் தோல் அலகுகள் c_1, ஆல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. அதோடு r_2வின் மாற்றமும் தோல் கால்வானிக் விளைவு பிற நிகழ்ச்சிகளும் விளைவிப்பன ஆகும். c_2ஆல் குறிப்பிடப்படும் விழிப்புக் காரணியாலும் மாறுதல்கள் நிகழலாம். நமது அறிவை மேம்படுத்திக் கொள்ளுவதற்கும் நன்கு புரிந்து கொள்ளுவதற்கும் பொருட்டு மின்கடத்தும் தன்மையை ஆய்வு செய்வதற்கும் இந்த சமவிளக்கப்படம் *(6-9)* உதவும்.

தற்போது மேற்குறிப்பிட்ட சமவிளக்கப் படத்தின் ஒவ்வொரு தனியங்கத்தின் எண் விவரங்கள் கிடைக்காமையால் படம் **6-10**ல் காண்பது போன்ற எளிய படத்தினை மேற்கொண்டு மனித உடலில் மின்னோட்டப் பாதையின் இயல்புகளின் மாறுதல்களைக் காணலாம். முதல் தோராய மதிப்பீட்டிற்கு இந்தப் படம் பொருத்தமானது. ஆகவே மின் காயத்தைத் தொடரும் மாற்றக்கால அலைகளை ஆய்வு செய்ய ஆசிரியர் இந்தப் படத்தைத் தெரிந்தெடுத்தார். r_1 என்பது தோலின் தடையினைக் குறிக்கும்; r_E என்பது உள் உறுப்புக்களின் மறிப்பைக் குறிக்கும்; c என்பது மின் வாய்ப் பரப்பிற்கும் தசைத் திசுக்களுக்குமிடையே ஆன தோலின் கொண்மம். மாற்றக்கால அலையின் ஆய்வு பண்பு பூர்வமானது என்றதால் கீழ்க்காணும் துணிபுகள் கொள்ளப்பட்டன:

(1) சம மின் பாதை, மொத்த அலகுகள் கொண்ட ஒரு மின்னோட்டப் பாதையாகக் கருதப்படும்;

(2) உள் உறுப்புக்களின் மின் கொண்மம் ஒதுக்கப்படும்:

(3) சம மின் பாதையின் அலகுகள் நேரானதாகச் சூத்திரங்களைக் கணிக்கும்போது முதல் தோராயமாக எடுத்துக் கொள்ளப்படும்.



படம். 6-10. எளிதாக்கப்பட்ட சம விளக்கப்படம்

(4) உயிரியல் மின் அழுத்தங்கள் (biopotentials) கருத்தில் கொள்ளப் படுவதில்லை. ஏனென்றால் அவை குறைந்த வேகத்தில் நடைபெறும் (உயிரியல் மின்னோட்டங்கள் 10-12M/s மேல் பரப்பப்படுவதில்லை). ஆனால் மாற்றக்கால அலையோ ஒரு நொடியில் பத்து லட்சத்தில் ஒரு பங்கில் நிகழ்ந்து முடிகிறது. வேறு விதமாகச் சொன்னால் ஒரு தூண்டின் விளைவாக உயிரியல் அழுத்தங்களில் நிகழும் மாறுதல் மாற்றக்கால அலை நின்ற பிறகுதான் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பை எட்டும்.

இத்தகைய துணிபுகளையொட்டி மின்னோட்டப் பாதையில், செலுத்தும் மின் அழுத்தம் இவ்வாறு கூறப்படும்:

$$V(t) = V_m \sin(\omega t + \alpha)$$

மாற்றக்கால பாதையின் மின்னோட்ட அளவு கீழ்காணுமாறு தீர்மானிக்கப்படும்:

$$i(p) = \frac{1}{p} V_m \frac{(p^2 \sin\alpha + p\omega\cos\alpha)(pcr_1 + 1)}{(p^2 + \omega^2)(pcr_1 r_2 + 2r_1 + r_2)} = \frac{1}{p} V_m \frac{M(p)}{N(p)}$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi) + \frac{M(p_1)}{pN'(p_1)} e^{p_1 t}$$

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

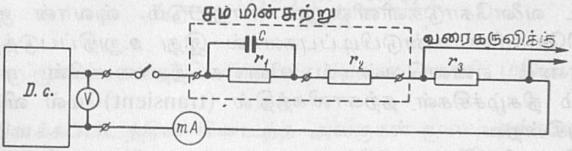
$$Z = \sqrt{\left[r_2 + \frac{2r_1}{1 + (r_1\omega c)^2}\right]^2 + \left[\frac{2r_1^2\omega c}{1 + (r_1\omega c)^2}\right]^2}$$

$$\tan\varphi = -\frac{2r_1^2\omega c}{2r_1 + r_2[1 + (r_1\omega c)^2]}; \quad p_1 = -\frac{2r_1 + r_2}{cr_1 r_2}$$

மாற்றநிலை அலை மின்னோட்டத்திற்கும் நேரத்திற்குமுள்ள தொடர்பின் எண் மதிப்பைக் கணக்கிடுவதற்கு மேற்காணும் சூத்திரங்களின் எண்ணளவு தெரிய வேண்டும்.

உள் உறுப்புக்களின் மின்தடை r_2 வினை அறிய மிருகங்கள் மேலும் பிணங்களின் மேலும் சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. தசைத் திசுவின் மீது மின் வாய்கள் நேரடியாக வைக்கப்படும்போது அவற்றிடையே செலுத்தும் மின் அழுத்தத்திற்கும் மின் பாதையின் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள விலகு கோணம் வரை கருவியின் துணை கொண்டு பதிவு செய்யப்பட்டது.

மின் அழுத்தம் 50 சுற்று/நொடியில் (H_Z 200 வோல்ட்டை அடைந்தது. சோதனைகளின் போது மின் வாய்களின் பரப்பு 20-100



படம். 6-11. மாற்றக்கால அலை அளவீடுகளுக்கான அமைப்பு முறை

ச.செ.மீட்டராக இருந்தது. வரைபடங்கள் மின் அழுத்தத்திற்கும் ஓட்டத்திற்குமிடையே எந்தவிதமான விலக்கினையும் காட்டவில்லை. மேலும் உள் உறுப்புக்களின் எண்ணிக்கையால் குறிப்பிடப்படும் பொதுத் தடை அவற்றின் நேரடித் தடையினைப் பொருத்தது. 100 ச.செ.மீ. பரப்பான மின் வாய்களுக்குச் சராசரி 500 ஓம்கள் என்று தெரியவந்தது. ஆகவே உள் உறுப்புக்களின் பொதுத் தடையின் சமனிப் பண்பு மிகக் குறைந்ததைக் கணக்கில் கொள்ள வேண்டியதில்லை.

பின்னல் செய்த சோதனைகள் r மற்றும் cயின் மதிப்பை எண் மதிப்பீடு செய்ய உதவின. இச்சோதனைகளின் நோக்கம் மின்னோட்டத்தின் அளவையும் மின் வாய்களுக்கிடையே செலுத்தப்படும் மின் அழுத்தத்திற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணத்தையும் காண்பதுமாம். மனிதர்கள் மேலான சோதனையில் மின் அழுத்தம் 2 முதல் 3 வோல்ட்டைத் தாண்டவில்லை. உடலின் மேல் நேரடியாக மின் வாய்கள் வைக்கப்பட்டன. தொழில் அலைவெண்ணில் மாறு மின்னோட்டத்தில் (sinusoidal voltage) அளவீடுகள் எடுக்கப்பட்டன. இத்தகைய அளவீடுகளில் கிடைக்கும் மதிப்புக்கள் 120 மற்றும் 220 வோ மின் அழுத்தத்தில் பெறும் மதிப்புக்களைவிட அதிகமாகவே இருக்கும் என்பது குறிப்பிடப்பட்டது. இதை நாம் பொறுத்துக் கொள்ள வேண்டும். ஏனென்றால், r,c யின் மதிப்புகளைக் காண வேறுமுறைகள் இல்லை.

எடுத்த அளவீடுகள் விலக்குக் கோணம் 18 — 45° வரை அமைகிறது என்று புலப்படுத்தின. C ன் மதிப்பை நிர்ணயிக்கக் கீழ்க்காணும் சூத்திரத்தை (C என்பது உடலின் மின் கொண்மத்தின் குறிப்பிட்ட மதிப்பு) வெளிப்படுத்தின :

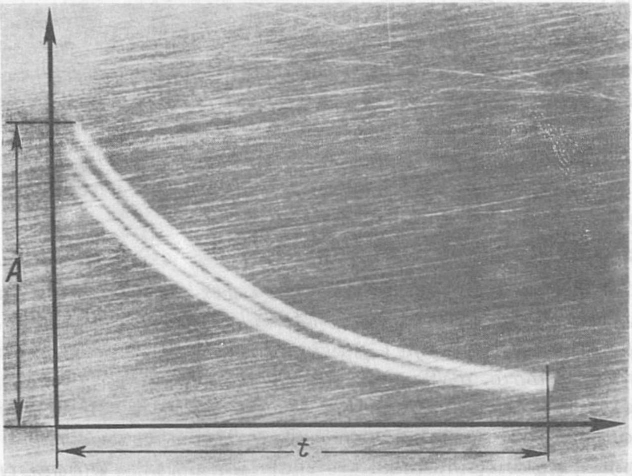
$$c = \frac{2\tau\,(1 - \omega\tau \cot\varphi)}{r_2\,[1 + (A - \cot\varphi)^2]}$$

இங்கே $A = \omega\tau\varepsilon + \cot\varphi$; τ என்பது நேரக் குறிப்பெண் (attenuation time constant).

குறைந்த அழுத்தங்களுக்கான மனித உடலின் தற்காலிகத்தி வரை கருவியால் பதிவு செய்யப்பட்டது. மின் அழுத்தங்கள் கூடுதலாக

இருக்குமானுல் சோதனைகள் மூலம் பெறப்படும் வளைகோடுகள் அளவிட்ட வளைகோடுகளினின்றும் மாறுபடும். ஷ்வான் ஜி. பியர் சால் ஆகியோரின் கண்டுபிடிப்புகளால் இது உறுதிப்படுத்தப்படுகி றது. காரணம் என்னவென்ருல் மின் கடத்தாமையின் முறிவினைக் குறிப்பிடும் நிகழ்ச்சிகள் தற்காலிகத்தில் (transient)மேல் விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

சோதனைகளின்போது பாதுகாப்பு எல்லைகளுக்குள் மின் அழுத்தம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக உயர்த்தப்பட்ட போது இருந்த நிலையான



படம் 6-12. மாற்றக்கால அலை திரை வரைபடம்

(steady-state) எரிச்சலூட்டும் அழுத்தத்தையும் ஓட்டத்தையும் தற் காலிகத்தியின் எரிச்சலூட்டும் அழுத்தத்தோடும் மின்னேட்டத் தோடும் ஆசிரியர் ஒப்புமை செய்தார். இந்த உண்மை நிலைகளுக்கு ஒப்பு வரைபடம் சரிபார்க்கப்பட்டது. தற்காலிகத்தி தொடர்பான மதிப்புக்கள் மற்றதைவிடக் குறைவாகவே காணப்பட்டன. மனித உடலில் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டுள்ள தூண்டு (inductive) மின் தடையே இதன் காரணம்.

t -ன் மதிப்பு தற்காலிகத்தியின் கருவி வரைபடம் (படம் 6-12) மூலம் பெறலாம். அதன் சராசரி மதிப்பு 42×10^{-6} நொ. ஆகவே $C = 0.0425.10^{6}$ F; அது $E = 95 \; E_0$ என்ருகும்.

இவ்வாசிரியருக்குக் கிடைத்த எண் மதிப்புக்கள் ஷ்வான் மற்றும் பியர்சோல், தவிர இந்நாடு மற்றும் வெளிநாட்டு ஆசிரியர்கள் பின்னர் வெளியிட்ட விவரங்களோடு ஒத்து வருகின்றன.

ட,ட$_1$ கிடைத்தால்

$$r_1 = \frac{-r_2[1+(A-\cot\varphi)^2]}{2\omega\tau A}$$

என்பதின் மூலம் கண்டுகொள்ளலாம். r_1ன் சராசி மதிப்பு $4.38.10^4$ ஓம்கள்.

சமவிளக்கப்படத்தின் கிடைத்த அலகுகள் மூலம் தற்காலிகத்தியின் மின்னோட்டத்தைக் கீழ்க்கண்ட அழுத்தத்தில் கணக்கிட முடிந்தது :

$$V(t) = 12\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$$

அதிக பட்ச மின்னோட்ட அலையினைக் காண கோணம் 90°என்று கொள்ளப்பட்டது.

மின்னோட்டம் கீழ்க்காணும் சூத்திரத்திலிருந்து பெறப்படும் :

$i(t) = 0.23.10^{-3} \sin(wt + 120°) + 34.10^{-3}e^{-93\,100t}$

சோதனைகள் கீழ்க்காணும் சூத்திரத்தை அளித்தன:

$i(t) = 0.26.10^{-3} \sin(wt + 120°) + 40.10^{-3}e^{-23\,500t}$

இந்த வாய்பாடுகளைக் கொண்டு ஆய்ந்து ஒப்பிடுகையில் நிலையான மதிப்புகள் (constant terms) போதுமான அளவிற்கு ஒத்து வந்தன. புகுத்தப்பட்ட மதிப்புகளில் அதிக வேறுபாடு (பத்து மடங்கு) காணப்பட்டது.

நேரகத் தன்மை என்ற துணிபு மேற்கொண்டதே இந்த வேறு பாட்டின் காரணம். இத்தொகுதியின் நேரின்மை தற்காலிகத்தியையும் தாண்டி நிகழந்தது (நிலையான மதிப்புக்கள் ஒன்றுபட்டுக் காண்பதன் மூலம் இதனை அறியலாம்).

தன்-மின் தூண்டல் தடைத்திறன் L மனித உடலோடு தொடர்ந்து மின் பாதையில் சேர்க்கப்பட்ட மா.மி. பாதையினை ஆராய்வோம்.

முதலாம் நிலைமைகள் கீழ்க்காணுமாறு குறிக்கப்படும் :

$$V(t) = V_m \sin(\omega t + \alpha);$$

$$\bar{V}(p) = V_m \frac{\omega\cos\alpha + p\sin\alpha}{p^2+\omega^2};$$

$$Z(p) = z_1(p) + \frac{z_2(p)\,z_3(p)}{z_2(p)+z_3(p)};$$

$$i(p) = \frac{V(p)}{Z(p)};$$

$$i(p) = \frac{1}{p} V_m \frac{p(p\sin\alpha + \omega\cos\alpha)(pr_1c+1)}{(p^2+\omega^2)[p^2 r_1 Lc + p(r_1Rc+L)+r_1+R]}$$

இவற்றைத் தீர்வு செய்தால் கிடைப்பது :

$$i(t) = I_m\sin(\omega t + \alpha - \varphi) + Ae^{p_3 t} + Be^{p_4 t}$$

அங்கு $I_m = \frac{V_m}{Z}$; $Z = \mathrm{mod}\left(\frac{z_1z_2 + z_2z_3 + z_3z_1}{z_2+z_3}\right)$;

$$z_1 = R + j\omega L;\quad z_2 = r;\quad z_3 = \frac{1}{j\omega c};\qquad \tan\varphi = \frac{b}{a};$$

$$a=Rc\left(\frac{z_1z_2+z_2z_3+z_3z_1}{z_2+z_3}\right);\quad b=I_m\left(\frac{z_1z_2+z_2z_3+z_1z_3}{z_2+z_3}\right);$$

$$A=\frac{V_m\,(p_3\sin\alpha+\omega\cos\alpha)\,(p_3rc+1)}{p_3\cdot 2\left[p_3^2rLc+p_3\,(rRc+L)+r+R\right]+\left(p_3^2+\omega^2\right)\cdot(p_3\cdot 2rLc+rRc+L)};$$

$$B=\frac{V_m\,(p_4\sin\alpha+\omega\cos\alpha)\,(p_4rc+1)}{p_4\cdot 2\left[p_4^2rLc+p_4\,(rRc+L)+r+R\right]+\left(p_4^2+\omega^2\right)\cdot(p_4\cdot 2rLc+rRc+L)};$$

$$p_1=-j\omega;\quad p_2=j\omega;\quad p_{3,4}=-\frac{rRc+L}{2rLc}\pm\sqrt{\left(\frac{rRc+L}{2rLc}\right)^2-\frac{r+R}{rLc}}$$

மனித உடலின் கூட்டு மின் தடையைக் காணக் கிடைத்த ஆய்வு வாய்பாடுகள் மனித உடலில் மின்னோட்டப்பாதையை ஆய்வு செய்ய உதவுகின்றன. படம் 6-9ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள சிக்கலான பாதை தேவையான விவரங்கள் சேகரிக்கப்பட்ட பின் வேறு வாய்பாடுகளைக் கொண்டு ஆயப்படலாம்.

ஏழாம் அத்தியாயம்

ஆபத்தான மின் அழுத்தங்களும் மின் ஓட்டங்களும்

7-1. மின் அழுத்தம்

பொதுவாக மின் பாதுகாப்பு பற்றி எழுதப்படும் புத்தகங்கள் காயத்தை விளைவிக்கும் இயல்பியல் அலகுகள் பற்றித் துவங்கி, மின் காயத்தின் வர்ணனையைத் தொடரும். மனித உடலின் மின் தடையின் இயல்பையும் அவருடலோடு தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டிருக்கும் தடைகளின் விவாதம் பின் தொடரும்.

ஆனால் இப்புத்தகம் வேறு வழியாக அமைக்கப்பட்டிருப்பதை வாசகர்கள் உணர்வார்கள். முதலில் மின்காயத்தைப் பற்றி விரிவாக விவரிக்கப்பட்டது. பிறகு மனித உடலின் மின் தடைகள் பற்றிய குறிப்பிட்ட அம்சங்கள் விவரிக்கப்பட்டன. அதை முடித்த பிறகு மின்காயம் பலதரப்பட்ட புதுப் பண்புகளைக் கொண்டது என்று நிலை நிறுத்திய பின்னர் விபத்தை விளைவித்த மின்னோட்டப் பாதையின் முக்கிய இயல்பியல் அலகுகளை மதிப்பிடத் துவங்குகிறோம். ஆகவே ஒரு விதத்தில் இந்த அலகுகள்பால் உலக இலக்கியம் காட்டும் ஒரு சார்ந்த மனப் போக்கிற்கு இது சவாலாகும்.

விவாதித்த பிரசினையின் மிக முக்கிய அலகாகிய மின் அழுத்தம் பற்றித் துவங்குவோம். உண்மையாகவே எந்த மின்னோட்டப் பாதையிலும் செலுத்தப்படும் மின் அழுத்தம் மின் நிகழ்ச்சிகளை வேறு புது நிகழ்ச்சிகளாக மாற்றுகிறது. விளைவாக இந்த மாறுதல்கள் மனித உடல் உறுப்புக்களைப் பாதித்து புதிய விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. அதுவும் மின் அழுத்தம் பாதுகாப்பு விதிகளை வரையறுப்பதற்கு ஒரு சரியான அலகாகும்.

பல காலமாக இயங்கும் மின் அழுத்தத்தைப் பொருத்து (மின் வழங்கும் அழுத்தம் அல்லது அமைப்பின் அழுத்தம்) மின் விபத்துகளால் விளையும் காயத்தின் தீவிரம் அமைகிறதென்றும் அழுத்தம் அதிகமானல் மின் காயத்தின் விளைவின் கடுமையும் அதிகமாகிறது என்றும் கருதப்பட்டு வந்தது. மின் காயங்கள் இயங்கும் அழுத்தத்தின் மதிப்புகளையொட்டி அறிவிக்கப்பட்டு வந்தன. அதே கோட்பாடே மின் காயங்களை வகைப்படுத்துவதற்கும் விபத்துகளில் புள்ளி விவர ஆய்வுக்கும் விலங்குகள் பால் சோதனை செய்வதற்கும்

பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால் அதிகமாக நிகழ்ச்சிகளில் மின் காயங்களுக்கு இத்தகைய அணுகுமுறை மின்காயக் காரணிகளின் சரியான பிரதிபலிப்புகளைக் காட்டுவதில்லை. பத்தி 3-1ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அமைப்புக்களின் மின் அழுத்தங்களையொட்டி மின் காயங்களைக் குறிப்பிடுதல் குறைவான இயக்க அழுத்தங்களிலும் உயிர்கொல்லி விபத்துக்கள் நிகழ்ந்திருக்கின்றன; உயர் அழுத்தங்களில் மற்றைய விபத்துக்கள் நிகழ்ந்துள்ளன என்று காட்டுகிறது. இவ்வாசிரியர் பெற்ற தடயங்களின்படி ஆண்டொன்றிற்கு 30-45 விபத்துக்கள் 65 வோல்ட்டிற்குக் கீழேயுள்ள அமைப்புக்களில் நேரிடுகின்றன. இது அனைத்து தொழிற்சங்கங்களின் பொதுக்குழுவின் தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகம் தரும் விவரங்களோடு ஒத்துவருகிறது. பின்னர் பத்தி 4-1ல் காயம் விளைக்கும் மின் அழுத்தத்தின் மதிப்பைச் சிறப்பான கருவி ஆய்வுகள் மூலம் அறிய முடியும் என்று காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அழுத்தம் அரிதாக நிகழும் இரு முனை தீண்டுதல்களின் போதுதான் அமைப்பின் அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். வேறு நிகழ்ச்சிகளில் காயப்படுத்தும் அழுத்தம் இயக்கத்தின் அழுத்தத்தைவிடக் குறைவதாக, சில சமயங்களில் மிகக் குறைவாக இருக்கும். மேற்கூறும் காரணங்களால் ஏற்படும் இடர்ப்பாடுகள் மாதிரி சோதனைகளைக் கடினமாக்குகின்றன. இந்தப் பத்தியில் மின் காயத்தின் கடுமையை நிர்ணயிக்கும் அலகுகளில் ஒன்றாக மின் அழுத்தம் பற்றிய பிரச்சினையை விவாதிப்போம்.

1936-ம் ஆண்டிலிருந்து இவ்வாசிரியர் விபத்துக்களின் காரணங்களை ஆராயும்பொழுது சிறப்பு ஆவணங்களைத் தயாரிக்கும் பொழுது காயப்படுத்தும் மின் அழுத்தங்களைக் கருவி அளவீடுகள் வாயிலாக முறையாகக் கணித்தார். அப்புலனாய்வுகளின் முறையும் அதைத் தொடர்ந்த அளவீடுகளும் பத்தி 4-1ல் விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன. மற்றும் இது சம்பந்தமான அறிக்கைகளில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. 1964-ம் ஆண்டு ஜனவரி 1-ம் தேதி வரையுள்ள காலத்தில் காயப்படுத்தும் மின் அழுத்த மதிப்புக்களை நிர்ணயிக்கும் அடிப்படையான முடிவுகள் அட்டவணை 7-1ல் தரப்பட்டுள்ளன.

பின்வந்த ஐந்தாண்டுகளில் 26 கூடுதலான உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளும் மற்றும் தற்காலிக இயலாமையை விளைவித்த 43 நிகழ்ச்சிகளும் ஆராயப்பட்டன. அவற்றில் 2 சதவீதம் 127 வோல்ட் கீழுள்ள அழுத்தங்களில் நிகழ்ந்தன; 22 சதவீதம் 127 வோல்ட் அழுத்தங்களில் நிகழ்ந்தன; 58 சதவீதம் 220 வோல்ட் அழுத்தங்களிலும் 18 சதவீதம் 220 வோல்ட்டிற்கு மேற்பட்ட அழுத்தங்களிலும் நிகழ்ந்தன. அட்டவணை 7-1ல் குறிப்பிட்டுள்ள விவரங்களிலிருந்து இது அதிகம் மாறுபடுவதில்லை. ஆனால் முந்தைய ஆண்டுகளில் 220/127 வோல்ட்டில் இருந்து 380/220 வோல்ட்டிற்கு அதிக மாற்றம் ரஷிய நாட்டில் நிகழ்ந்திருக்கிறது.

அட்டவணை 7-1

விபத்துக்கள் காயப்படுத்தும் அழுத்த மதிப்புக்கள்

காயப்படுத்தும் அழுத்தத்தின் எல்லைகள், வோல்ட்டு	உயிரிழப்பு மின் காயங்கள்		தற்காலிக வேலை இயலாமையை விளைக்கும் மின் காயங்கள்		மின் அதிர்ச்சிகள்	
	எண்	சதவிகிதம்	எண்	சதவிகிதம்	எண்	சதவிகிதம்
25க்குக் கீழ்	13	6.6	—	—	—	—
25 — 50	21	10.7	34	5.1	101	7.7
51 — 100	27	13.7	73	11.1	182	13.9
101 — 150	57	28.9	190	28.8	490	37.5
151 — 200	42	21.3	230	34.9	320	24.5
201 — 250	13	6.6	86	13.0	189	14.4
251 — 350	4	2.0	20	3.0	13	1.0
351 — 500	8	4.1	7	1.1	6	0.5
501க்கு மேல்	12	6.1	20	3.0	6	0.5
மொத்தம்	197	100.0	660	100.0	1307	100.0

அட்டவணை 7-1ல் உள்ள கடைசி அணிக்கு, அதாவது மின் அதிர்ச்சிகளுக்கு நமது கவனத்தைத் திருப்புவோம். இங்கு நாம் அதிர்ச்சிகள் விளைக்கும் அழுத்தங்களையும் உயிரிழப்பு விளைக்கும் அழுத்தங்களையும் ஒப்பிடுகிறோம். 100 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அழுத்தங்களிலேயே 31 சதவீதம் உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறுகின்றன. அதே அழுத்தங்களிலேயே 21.6 சதவீதம் மின்அதிர்ச்சிகள் நேரிடுகின்றன. இது மொத்தத்தில் மூன்றின் ஒன்றைவிட மிகக் குறைவானது. 50 வோல்ட்டிற்குக் கீழேயுள்ள அழுத்தங்களில் ஏற்படும் மின் அதிர்ச்சிகள் இலேசாக இருக்கின்றன என்ற காரணத்தினால் தனிப்பட்ட ஆய்வு மேற்கொண்டாலும் பணியாளர்களால் சொல்லப் படுவதில்லை. இதுவே அக்குறைவின் காரணம். அதைக் கருத்தில் கொண்டால் 100 வோல்ட்டிற்குக் கீழேயுள்ள அழுத்தங்களில் ஏற்படும் மின் அதிர்ச்சிகளின் சதவிகிதமும் உயிரிழப்பு விபத்துக்களின் சதவிகிதமும் சமம் எனக் கொள்ளலாம். இது ஒரு முக்கியமான நிகழ்ச்சி. வேறுவிதமாகச் சொன்னால் ஒரே குறைந்த அழுத்தம் ஒரு பக்கம் கடுமையான விளைவை ஏற்படுத்துகிறது; மறுபுறம் வேறு சந்தர்ப்பங்களில் மின் அதிர்ச்சியை மட்டுமே ஏற்படுத்துகிறது. ஓசிப்கா அவர்களால் மின் அதிர்ச்சிகள் சரியாகக் குறிப்பிடப் பட்டுள்ளன. அவற்றை அவர் மின் எரிச்சலூட்டிகள் என்று கருதுகிறார்.

இந்த முடிவிற்கு முந்தைய இரண்டு அத்தியாயங்களால் வாசகர்கள் தயாராகிவிட்டனர்.

மனித உடலில் பலவிதமான பகுதிகள் மூலம் செல்லும் மின்னேட்டப் பாதை வலியுணர்ச்சிகளை விளைவிக்கிறது. சில சமயங்களில் மிகக் குறைவான மின் அழுத்தத்திலேயே மூர்ச்சையையும் விளைவிக்கிறது. எங்களது சோதனை நபர்கள் மின் வாய்களின், 60-100 சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்பில் சோதனை செய்யப்பட்ட பொழுது பெற்ற முடிவுகள் காயப்படுத்தும் அழுத்தத்தின் விளைவுகளின் நுட்பத்தைப் புரிந்து கொள்ள உதவுகின்றன. எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்டத்தைத் தோற்றுவிக்கும் மின் அழுத்தம் 3-30 வோல்ட்டு (ஐம்பது சுற்று-நொடி) வரை இருப்பதாகக் காணப்பட்டது. சோதனை நபர்கள் மாறு மின்னேட்டத்தின் எரிச்சலுக்கும் நேர் மின்னேட்டத்தின் எரிச்சலுக்கும் வேறுபாடுகள் கண்டார்கள்.

பத்தி 5-5ல் ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டுள்ளபடி வலியை உணரும் பகுதிகளில் மின்னேட்டம் பாயும்போது நமது உடலில் வலியுணர்ச்சிகளை ஏற்படுத்தும் அழுத்தம்தான் இந்த எரிச்சலை உண்டாக்குகின்றன.

சோவியத் நாட்டில் மூல மின் அழுத்தம் 65 வோல்ட்டு மற்றும் அதற்குக் கீழும் இருக்கும் மூலங்களில் அதிக. உயிரிழப்பு விபத்துக்கள் நிகழ்கின்றன என்று பத்தி 3-1 காட்டுகிறது. இந்த மதிப்பெண்கள் அபாயக்காரணங்களை மதிப்பீடு செய்வதற்கு மிகவும் முக்கியமானவை. ஆகவே 65 வோல்ட்டு மற்றும் அதற்குக் கீழுள்ள அழுத்தங்கள் போன்ற மூலங்கள் பற்றி காயப்படுத்தும் அழுத்தங்களை நிர்ணயிப்பதற்குக் குறிப்பிட்ட கவனம் தரப்பட்டது. ஒவ்வொரு தனிப்பட்ட நிகழ்ச்சியிலும் கிடைத்த விவரங்கள் துல்லியமாகவும் எச்சரிக்கையோடும் நிபுணர்களால் ஆராயப்பட்டன. பல்வேறு அளவீடுகள் செய்யப்பட்டன. அப்பொழுது குறை மின் மாற்றிகளின் வளை கம்பிகளின் சிதைவுகளால் 1000 வோல்ட்டிற்கு மேற்பட்ட அழுத்தம் கீழ்ப்பட்ட அழுத்தம் இருக்க வேண்டிய மூலங்களுக்கு மாறி வரும் சாத்தியக்கூறு ஆராயப்பட்டது. குறைந்த அழுத்தத்திலேயே இறப்பு நேரிட்டது சந்தேகத்திற்கு இடமின்றி நிரூபிக்கப்பட்டாலே தேவையான முடிவுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. 4-ம் அத்தியாயத்தில் தரப்பட்டுள்ள விவரங்களில் இருந்து இது விளங்கும்.

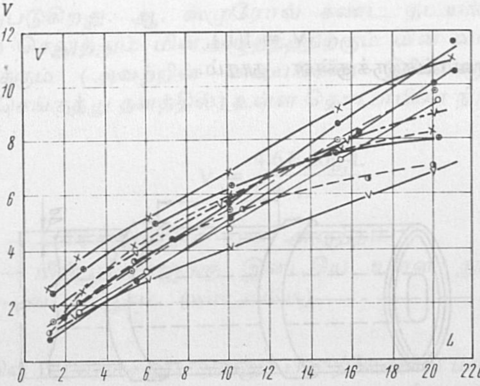
1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ்பட்ட அழுத்தங்களில் இயங்கும் மூலங்களில் ஒரு முனை தூண்டுதலின்போது ஏற்படும் காயம் விளைக்கும் அழுத்தங்களை நிர்ணயிப்பதில் கிடைக்கும் முடிவுகள் சுவையானவை. மொத்தம் 223 ஆய்வு செய்யப்பட்ட நிகழ்ச்சிகளில் 24 உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகள் 50 வோல்ட்டிற்குக் கீழ்பட்ட காயப்படுத்தும் அழுத்தத்திலேயே நிகழ்ந்தன. இவற்றில் 19 விபத்துக்கள் 36 வோல்ட்டிலும் மீதி 5,36 வோல்ட்டுக்குக் கீழும் நிகழ்ந்தன.

முற்றிலும் மாறுபட்ட நிகழ்ச்சிகளில் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேற்பட்ட அழுத்தத்தால் விளையும் அனுகூலமான விளைவுகளும்

குறிப்பிடத் தக்கன. சில நேரங்களில் ஒரு மனிதன் 6, 10, 35 மற்றும் 68 கிலோவோல்ட்டு அழுத்தத்தால் பாதிக்கப்பட்டும் மரணம் நேரிட்டதில்லை. சில நிகழ்ச்சிகளில் பாதிக்கப்பட்டவர் முற்றிலும் பழைய நிலைக்குத் தேறியுள்ளார். பி. ஓசிப்கா உள்ளிட்ட வேறு ஆசிரியர்களும் இதே கோட்பாட்டைக் கொண்டுள்ளனர். சில கிலோ வோல்ட்டு மின் அழுத்தத்தால் காயப்படுத்தப்பட்டுப் பின்னர் தேறிய நபர்கள் சிலர் விபத்து நடந்து ஒன்று அல்லது இரண்டு ஆண்டுகளில் இறந்ததும் உண்டு. மருத்துவ சோதனை "இதயம் நின்று விடுவதையே (cardiac arrest)" காரணமாகக் குறித்துள்ளது. ஆனால் இந்த விளைவு மருத்துவர்களுக்கு முன்னர் தெரியவில்லை.

இந்த நிகழ்ச்சிகளும்கூடச் சில கிலோ வோல்ட்டுகள் கொண்ட உயர் அழுத்தத்தில் சிலர் தப்பியுள்ளதையும் தாழ்ந்த அழுத்தங்களில் சிலர் உயிர் இழந்ததையும் மாற்றுவதில்லை. உயிர் உறுப்புக்களின் எதிர் விளைவுகளை விளைவிக்கும் மின்னோட்ட அலகுகளை ஆராயும் பொழுது மின்புல விளைவுகள் மூலம் அவற்றை மதிப்பீடு செய்வதன் மூலம் இந்த முரணை விளைவுகளுக்கு விளக்கம் கொடுக்கலாம். இந்நிகழ்ச்சிகளில் நிர்ணயிக்கும் காரணி மின் அழுத்தம் அல்ல, ஆனால் உயர்ந்தபட்சபுல அழுத்தமேயாகும்.

புலசசெறிவு *(field strength)*: மேற்கூறிய விவரம் உண்மையானல் மின் முனைகளுக்கிடையே ஒரே மின் அழுத்தத்தைச் செலுத்தும் பொழுது எரிச்சலூட்டும் செயல் உடலில் பதிக்கப்பட்ட மின் வாய்களுக்கு இடையிலான தூரத்தைப் பொருத்தும் மின்வாய்களின் வடிவத்தைப் பொருத்தும் மாறுபடுகிறது. மின் வாயின் பரப்பு மாறுபடாதவரை மின் பாதையின் தடை மின் முனை — தோல் சந்திப்புக்களின்



படம். 7-1. மனித உடலில் வைக்கப்பட்ட மின்வாய்களுக்குள்ள தூரத்தை யொட்டி எரிச்சலூட்டும் மின் அழுத்தத்தின் மாறுதல்

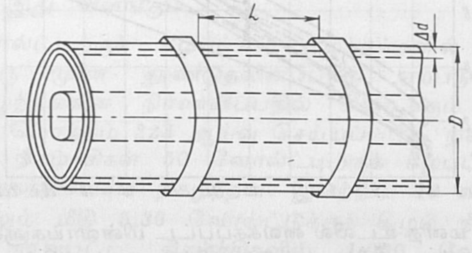
மாறுத தடையினை ஒட்டி இருப்பதால் மின்னேட்டம் மற்றும் மின் அழுத்தத்தின் மதிப்புக்கள் மாறுவதில்லை. தசைத்திசு, இரத்த நாளத் தொகுதி போன்றவற்றைப் பொருத்தவரை அவை மின் வாய்களுக்கு இடையிலான இடைவெளியையொட்டி மாறுபடுகின்றன. ஆனல் மின் வாய்களின் தடைகள் மிகச் சிறியனவாக இருப்பதால் மின்னேட்டத்தின் பொதுத் தடையை அந்த மாறுதல்கள் பாதிப்பதில்லை.

மின்னேட்டத்தின் உயிர் உறுப்பியின் பாலான எதிர் விளைவுகள் புலச்செறிவைப் பொருத்து அமைகின்றனவா என்று காண எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்டங்களில் ஆரம்ப மதிப்புக்கள் அளவிடப்பட்டன. இதற்காக வட்ட வடிவுள்ள தட்டையான வளையல் போன்ற மின் வாய்கள் சோதனை நபர்களின் கையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தொழில் அலைவெண்ணிலான மின்னேட்ட மூலத்திலிருந்து வடங்கள் மின் வாய்களோடு இணைக்கப்பட்டன. முதலாம் எரிச்சலூட்டும் செயல் காணப்பட்டவுடனேயே மின் அழுத்தங்களும் மின்னேட்டங்களும் அளக்கப்பட்டன. பின்னர் மின் வாய்களுக்கு இடையிலான தூரங்கள் மாற்றப்பட்டுச் சோதனை திரும்பச் செய்யப்பட்டது. மின் வாய்களில் செலுத்திய அழுத்தங்களும் மின்வாய்களுக்கு இடையிலான தூரங்களும் கொண்ட வரைபடம் 7-1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மின் வாய்களுக்கு இடையிலான தூரத்தையொட்டி எரிச்சலூட்டும் அழுத்தம் குறைகிறது என்பதை அது காட்டுகிறது.

22 மனிதர்கள் பேரில் ஐந்து முதல் பத்து நாட்கள் வரை ஒவ்வொருவருக்கும் ஒவ்வொன்றைப் பற்றியும் பத்து முதல் இருபத்தைந்து அளவீடுகள் செய்து இந்தச் சோதனைகள் நடத்தப்பட்டன. இந்த அதிக எண்ணிக்கையில் உள்ள அளவீடுகளின் முடிவுகள் போதுமான துல்லியத்துடன் கீழ்க்காணும் உறவினை நிலை நிறுத்துகின்றன:

$$V = f(L),$$

இங்கு L மின்வாய்களுக்குள்ள தூரம்.



படம். 7-2. கையின் மாதிரி

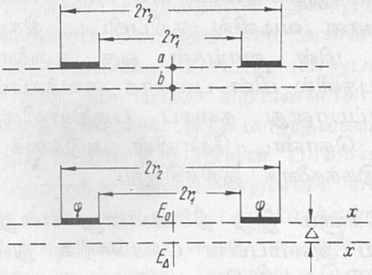
மின்வாய்களின் இடைவெளிகளின் மாறுதலையொட்டிப் புலச் செறிவில் ஏற்படும் மாறுதல் ஏட்டளவில் தோராயமாக மதிப்பிடப்பட முடியும். பொதுவான வடிவில் குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சியில் இரண்டு வட்ட வடிவுள்ள மின் வாய்கள் ஒரு உருளையில் வேறுபட்ட இயல்புள்ள பரப்புகளில் மின் புலமாக வைக்கப்படுவதைப் போன்றதே. மேல் பரப்பானது தசைப் பகுதியிலிருந்து அதிகரிக்கும் கடத்தும் தன்மை கொண்ட தோலின் அடுக்கை ஒத்ததாகும். உள் உருளை எலும்பு திசுக்களைக் குறிக்கிறது.

எல்லாப் பகுதிகளும் இது நிலையானது என்று ஏற்றுக் கொண்டாலும் இத்தகைய அமைப்பின் புலச்செறிவு துல்லியமாகக் கணக்கிடப்படவில்லை. ஏனென்றால் வேறுபடும் கடத்தும் தன்மை கொண்ட அடுக்குகளின் தடிமனையும் அனிஸோட்ரோப்பின் மட்டத்தையும் நிர்ணயிப்பது சாத்தியமல்ல. அதோடு உடல் இயல் காரணிகளும் கருதப்பட வேண்டும். ஆனாலும் இந்நிகழ்ச்சியில் அதிக துல்லியமான கணக்கீடுகள் தேவையில்லை. ஆகவே இந்தப் பிரசினையைத் தோராய மதிப்பீட்டோடு தீர்ப்பது சரியென்று கருதுகிறோம். ஏனென்றால் இதன் நோக்கம் மின் வாய்களின் இடைவெளிகளுக்கும் புலச்செறிவிற்கும் இடையே உள்ள பண்பிலான உறவைக் கண்டு அதன் மூலம் புல கோட்பாட்டின் நோக்கத்தோடு ஆரம்ப அலகுகளை நிர்ணயிப்பதேயாகும். ஒரு தோராய மதிப்பீட்டிற்காக ஒரு நிகழ்ச்சியில் இந்த சிக்கலான புலம் ஒரே விட்டம் கொண்ட இணையான உருளைக் கடத்திகளின் மூலம் காணப்படும் மற்றொரு இடத்தில் தட்டையான கடத்திகளின் மூலம் காணப்படும். இந்தப் புலங்கள் கணிக்கப்படக் கூடியவையே. மின் வாய்களின் இடைவெளி மாறுவதையொட்டி அவற்றில் புலச்செறிவு நீளத்திலும் மேற்கோணங்களிலும் மாறுபடுகிறது. ஆ. ஸ்முரோவ் கண்ட தடயங்களின்படி மின் வாய்களில் செலுத்தும் மின்அழுத்தத்திற்கும் மின் வாய்களின் இடைவெளிகளுக்கும் (அவற்றின் மையங்களை இணைக்கும் கோட்டைக் கொண்ட செங்குத்து தளத்தில்) உள்ள தொடர்பினை நிர்ணயிக்கலாம். அவ்வாறு :

$$V = \frac{4.6\,E_{ir}\log\frac{L}{r}L}{1+L}$$

இங்கு E_{ir} — எரிச்சலூட்டும் புல அழுத்தம்
L — மின்முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம்
r — வட ஆரம் (wire radius)

புலச் செறிவு E_{ir}(எரிச்சலூட்டுவது) பிற நிலைகளில் மாறா மதிப்புள்ளது என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம். பிறகு உருளை மின் வாய்களின் (cylindrical electordes) எண்மதிப்பைக் கொடுக்கும் சூத்திரம் V = f(L) என்று நாம் காணலாம்.



படம். 7-3. மின்புலத்தை மதிப்பிடுதல்

அதே தொடு பரப்புள்ள தட்டையான மின் வாய்களைப் பொருத்த வரையில் புல அழுத்தத்தின் பரப்பும் அதையொட்டி அதிக பட்ச புல அழுத்தத்தின் மதிப்பும் வேறுப்பட்டு இருக்கும். V= f(L) என்ற உறவினை தோராயமாகக் கண்டுபிடிக்க ஆ. நெபுசில் மற்றும் கே. தாபனேஸ் ஒரு மின் காப்புப் பொருளால் ஆன ஒரு உருளையின் மேல் பொருத்தப்பட்ட சதுர குறுக்களவு உள்ள இரண்டு வளையங்களுக்கு இடையிலான ஒரு உயர்வு புலத்தைக் கணக்கிடுவதற்குக் கண்ட தீர்வினை நாமும் மேற்கொள்ளலாம். உருளையின் விட்டமானது (நமது நிகழ்ச்சியில் கை) சுவர்களின் (தோல்) தடிமனை காட்டிலும் மிகவும் அதிகமாக இருந்தால் உருளையின் (கை) மின்புலம் இணை கோடுகளாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம்.

இரண்டு வேறுபட்ட தகடுகளின் மின்புலம் கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின் மூலம் விளக்கப்படும் :

$$Z = r \operatorname{sh}\left(\frac{w}{A}\right) = x + jy$$

இங்கு $w = \psi + jw$. மற்றும் மின்வாய் அழுத்தம்: $\varphi_1 = \varphi_2 + A(K)$

இங்கு K என்பது r_1/r_2 க்குச் சமமாக நீள்வட்டத் தொகையைக் கெழு (elliptic-integral modulus) ஆகும்.

r_1, r_2 வின் மதிப்புக்கள் படம் 7-3ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இந் நிகழ்ச்சியில் புலத்தின் செறிவு மின்வாய்களுக்கு நேர் கீழே கணக்கிடப்பட முடியாது எனும் உண்மையிலிருந்து துவங்கினால் புலச் செறிவு கையின் அச்சிற்குச் செங்குத்தாகவும் இரு முனைகளுக்கும் சம இடைவெளியில் அமைந்தும் இருக்கும் சம தளத்தைப்போல மாறுபடுகிறது என்று ஏற்றுக் கொள்ளலாம். இந்த அச்சில் புலசெறிவு நிரவியிருப்பதைக் கணக்கிடுவதற்கு $x = 0$ மற்றும் $\mu = 0$ என்றும் நாம் கொண்டால் :

$$jy = r_1 \operatorname{sh}\left(\frac{j\omega}{A}\right)$$

எரிச்சலையூட்டும் புலச்செறிவு கீழ்க்காணுமாறு குறிப்பிடப்படும் :

$$E_{ir} = \frac{d\psi}{dy} = \frac{A}{\operatorname{sh}\left(\frac{j\omega}{A}\right)}$$

A என்பது கீழ்க்காணும் வாய்பாடுகளோடு தொடர்பு உள்ளது என்று கருதினல்:

$$\operatorname{sh}\left(\frac{j\psi}{A}\right) = \operatorname{ch}\left(\frac{j\psi}{A}\right) \operatorname{dh}\left(\frac{j\psi}{A}\right);$$

$$\operatorname{ch}\left(\frac{j\psi}{A}\right) = \sqrt{1 - \operatorname{ch}^2\left(\frac{j\psi}{A}\right)} = \sqrt{1 + \frac{y^2}{r_1^2}};$$

$$\operatorname{dh} = \sqrt{1 + K^2 \operatorname{ch}^2\left(\frac{j\psi}{A}\right)} = \sqrt{1 + \frac{y^2}{r_2^2}}$$

நமக்குக் கிடைப்பது:

$$E_{ir} = \frac{A}{r_1 \sqrt{\left(1 + \frac{y^2}{r_1^2}\right)\left(1 + \frac{y^2}{r_2^2}\right)}}$$

பின்னர் செய்த சோதனைகளில் மின்வாய்கள் இரு கைகளிலும் பொருத்தப்பட்டும் ஒரு கையில் மட்டும் பொருத்தப்பட்டும் எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்டங்களின் அளவுகள் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்டன.

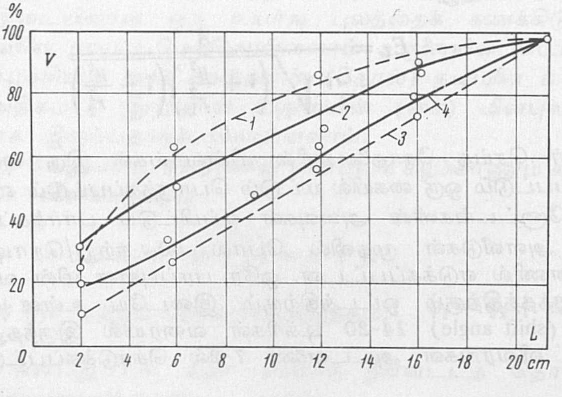
இந்த அளவீடுகள் முதலில் போல 50 சுற்று/நொடி எனும் அலைவெண்ணில் எடுக்கப்பட்டன. ஒரே பரப்புள்ள மின் வாய்களில் மின் அழுத்தத்திற்கும் ஓட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள விலக்குக் கோணம் (shift angle) 14-20 டிக்ரிகள் வரையில் இருந்தது. இந்த அளவீட்டு விவரங்கள் அட்டவணை 7-2ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

இந்த விவரங்கள் மின்னேட்டமானது உள்ளங்கை-உடல்-உள்ளங்கை எனும் பாதையில் சென்றால் எரிச்சலை விளைப்பதற்கு அதிக மின் அழுத்தம், மின்னேட்டம் அல்லது மின்சக்தி தேவைப்படுகிறது என்று காட்டுகிறது. இது எரிச்சலூட்டும் செயல் மின் வாய்களை அடுத்துள்ள திசுக்கள் ஏற்றுக்கொள்ளும் மின்காந்த புல அழுத்தம், புலச் செறிவினைக் கொண்டும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது எனும் உண்மையால் விளங்கும். இந்நிகழ்ச்சியில் மின்னேட்டம் பாயத் துவங்கும் ஒரு பாதையைப் போன்று மின்காந்தப் புலத்தை நாம் பெறுகிறோம்.

அட்டவணை 7-2

மின்வாய்களின் இடத்தையொட்டி எரிச்சலூட்டும் சக்தியின் மதிப்பீடு

எரிச்சலூட்டி	மின்முனைகளின் இடங்கள்			
	இடது கையில்		இரு கைகளிலும்	
	எல்லைகள்	சராசரி மதிப்பு	எல்லைகள்	சராசரி மதிப்பு
மின் அழுத்தம், வோல்ட்டு	7.1-15.0	10.3	7.0-19.1	12.5
மின்னோட்டம், மி.ஆ.	0.20-0.95	0.54	0.60-1.08	0.78
மின்சக்தி, மா.வா.	2.4-6.0	4.5	1.7-9.6	6.9



படம். 7-4. வடிவமைப்பும் சோதனை வளைகோடுகளும்
1, 2- உருளை வடிவ மின்வாய்கள்; 3,4- தட்டையான மின்வாய்கள்; 1, 3 - மதிப்பிட்ட வளைகோடுகள்; 2, 4- சோதனை வளைகோடுகள்

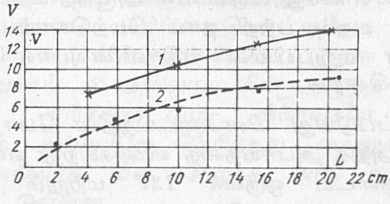
மின் வாய்களின் வடிவம்

ஒரே பரப்பைக் கொண்ட உருளை மற்றும் தட்டையான மின் வாய்கள் மேல் நடத்திய சோதனைகள் மூலமும் கணக்கீடுகள் மூலமும் V = f(L) என்பதற்குக் கிடைத்த எண் மதிப்புகளை இப்பொழுது ஒப்பிடுவோம். வேறுபட்ட சோதனை நபர்கள் மீது பெற்ற விவரங்களை

ஒப்பிடுவதற்கு வசதியாக நாம் மின் அழுத்தங்களை எரிச்சலூட்டும் அதிக பட்ச மின் அழுத்தத்தின் சதவீதமாக மின்வாய்களுக்கு இடையில் L = 20 சென்டிமீட்டர் இருந்தபோது நிகழ்ந்தவையாக வரைபடத்தில் குறிப்பிடுவோம்.

16 நபர்கள் மேல் செய்த பார்வையீடுகள் புலத்தின் வகையானது மின்வாய்களின் வடிவத்தையொட்டி அமைகிறது என்றும் தட்டையான மின்வாய்களின் புலச் செறிவை (மின்வாய்களின் விளிம்புகளுக்குக் கீழ்) உருளை மின்வாய்களின் புல அழுத்தத்தைவிட அதிகம் என்றும் காட்டியுள்ளது.

உயிர் உறுப்பியின் எதிர் விளைவு புல அழுத்தத்தைப் பொருத்தது என்றால் ஒரு முறையான கேள்வி எழுகிறது. உருளையான மின்வாய்களுக்கு ஒப்பிடும்பொழுது தட்டையான மின்வாய்களில் எரிச்சலூட்டும் மின் அழுத்தம் குறைவானதா? இந்தக் கூற்று சோதனை முடிவுகளால் வலுப்பெறுகிறது (படம் 7-5).



படம். 7-5. உருளையான (1) மற்றும் தட்டையான (2) வட்ட வடிவ கையில் பொருத்தப்பட்ட மின்வாய்களுக்கு V = f(L) என்ற வாய்ப்பாட்டுச் சோதனை வளைகோடுகள் வரைந்து ஒப்பிடுதல்

சோதனைகளிலும் கணக்கீடுகளிலும் எரிச்சலூட்டும் மின் அழுத்தம் மின்வாய்களின் இடைவெளியையொட்டி மாறுபட்டது. இடைவெளி குறையும் பொழுது குறைந்த அழுத்தங்களிலேயே எரிச்சல் ஏற்பட்டது.

நமக்குக் கிடைத்த உறவான V = f(L) நரம்பு இழைகளின் தூண்டுதல்கள் பற்றி ஹெச் சிவர் மற்றும் எல். புருகினர், டீ. நாசனேவ் மற்றும் டீ. ரோசன்தால் செய்த சோதனை விவரங்கள் மூலம் சரியாகிறது. மின்வாய்களுக்கும் உள்ள இடைவெளிக்கும் நரம்பின் ஆரம்பத் தூண்டுதற்கும் உள்ள உறவினைக் கண்டுபிடித்த பெருமை கோர்டா மற்றும் லோஸட் (1914ல்) என்பவரையே சாரும். இந்தக் கண்டு பிடிப்பு மிகுந்த ஆர்வத்தை எழுப்பியது. விரிவான விவாதங்களையும் சிறப்பு ஆய்வுகளையும் தூண்டியது.

டீ. நாசனேவ் ஒரு பெருச்சாளியின் தனிப்பட்ட நரம்பு இழையில் திசுவின் எரிச்சலூட்டலுக்கும் மின்வாய்களில் இடைவெளிக்கும் உள்ள தொடர்பை ஆராய்ந்தார். கீழ்க்காணும் முடிவினை அவர் வெளியிட்டார்:

"பொதுவான நம்பிக்கைக்கு மாறுன நரம்பில் எரிச்சலைத் தோற்றுவிப்பது ஆரம்ப மின்னேட்டத்தின் அளவல்ல அந்த மின்னேட்டம் குறிப்பிட்ட காலத்தில் உற்பத்தி செய்யும் திறனே ஆகும்." மின்னேட்ட அளவிற்கு நரம்பின் எதிர் விளையும் பண்பு மின்னேட்ட அளவினுல் மட்டும் அமைவதில்லை.

எரிச்சலூட்டுதலில் மின் திறனின் பங்கை ஆய்வு செய்த டீ. நாசனேவ் உயிர்த் திசுக்களில் மின் அழுத்தத்தின் விளைவுகளை விளக்க ஒப்புக்கொள்ளக் கூடிய விவரங்களைத் தந்தார். இதர நிலைகள் சமமாக இருக்கும்பொழுது ஒரு விபத்தினுடைய விளைவு உயிர்த் திசுக்கள் ஏற்றுக்கொண்ட மின்காந்தப் புல ஆற்றலால் நிர்ணயிக்கப் படுகிறது. ஆனுலும் திசுவின் எதிர் விளைவின் அடர்த்தியினை உருவாக்கும் எரிச்சலூட்டி ஏற்றுக்கொண்ட எல்லா ஆற்றலாலும் அமைவதில்லை. ஆனுல் மின்வாய்களுக்கு அருகில் உள்ள நரம்பு திசுக்கள் பெற்றுக்கொண்ட பகுதியையொட்டியே அமைகிறது எனத் தோன்றுகிறது. இந்த ஆற்றல் பெருமளவு வேறுபடுகிறது.

தோலின் நிலை எரிச்சலூட்டும் மின் அழுத்த மதிப்பிற்கும் தோலின் நிலைக்கும் உள்ள உறவு பற்றி நாம் மேற்கொண்ட ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை உயிர் உறுப்பியின் எதிர்விளைவுபால் புலச் செறிவின் விளைவினைகாட்டுகின்றன.

தோலில் ஈரப்படுவது மின்னேட்டத்தின் போது தோலைப் பல வீனமானதாக்கி அதிக அபாயத்தை விளைக்கிறது என்பது அறிந்ததே. உலர்ந்த கைகளுடைய ஒருவர் 127 மற்றும் 220 வோல்ட்டு அழுத்தங்களால் கூடப் பாதிக்கப்படாமல் இருக்கலாம். ஆனுல் கைகள் நனைந்திருந்தால் சிறிதே வோல்ட்டுகள் மின்சாரம் கொண்ட பகுதிகளைத் தொடுவது வலியை விளைவிக்கும்.

இந்த விளைவினை புலக் கோட்பாடு கொண்டு எப்படி நாம் விளக்கலாம்?

தோல் ஈரப்படுவது மின்வாய்க்கும் தொடு பரப்பிற்கும் இடையே உள்ள தடையினைக் குறைக்கிறது என்று நாம் சரியாக அறியக் கூடும். உலர்ந்த மற்றும் ஈரமான தோல்களில் மின்னேட்டத்தால் விளையக்கூடும் அபாயங்களின் ஒப்புமை புத்தகங்களில் காணப்படுவதில்லை. ஆகவே மின் விபத்துக்களில் மின் புலச் செறிவின் பங்கினைக் குறிக்கும் கூடுதல் நிரூபணமாக நமது சோதனை விளைவுகளை இங்கு தருகிறேம்.

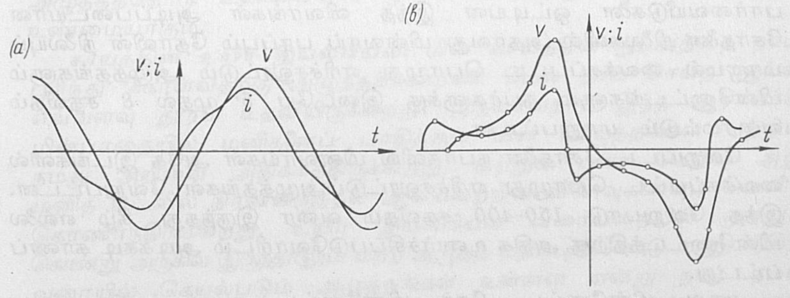
சோதனைகள் மின்வாய்கள் உள்ளங்கைகளில் பிடிக்கப்பட்டோ அழுத்தப்பட்டோ நடத்தப்பட்டன. தோலின் வேறுபட்ட நிலைகள் வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் எரிச்சலூட்டலை உண்டாக்கின. உலர்ந்த தோலில் நடத்திய சோதனைகளில் எரிச்சலூட்டுதலைப் பெற அதிக மின் அழுத்தங்கள் தேவைப்பட்டன. ஆனுல் ஈரக் கைகளில் நடத்திய சோதனைகளில் இந்த எரிச்சலூட்டல் பத்து மடங்குகளுக்கும் குறைவான மின்னேட்டங்களில் (specific currents) நடந்தது. இதே விளைவு

வெபர் அவர்களாலும் காணப்பட்டது. ஆனுல் அவர் அந்தப் பார்வையீடுகளுக்கு மதிப்பளிக்கவில்லை.

மேலே வருணிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சிகளின் காரணங்களைக்காண இப்புத்தகத்தின் பத்தி 6-6ல் உள்ள சிக்கலான உறுப்பான தோலின் அமைப்பு பற்றிய பகுதியினை வாசகர்களைக் காண வேண்டுகிறோம். தோல் ஈரப்படும்பொழுது ஈரம் மேல் தோலின் நுண் குழல்களின் வழியாக உள் செல்லுகிறது. ஆகவே தோலின் அப்பகுதி இணைந் ததுபோல ஆகிறது. அதனது மின் சமனித் தன்மை மாறுபடுகிறது. மின் அழுத்தங்கள் புதிதாக மாறுகின்றன. தோலின் வெளிப்பகுதியில் அதிக மின் அழுத்தக் குறைவு காணப்படுகிறது. வெளிப்புற நரம்பு தொகுதி ஒரு வலுவான இறுக்கத்திற்கு ஆளாகிறது. இயற்கையாகவே ஒரே ஏற்றுக்கொள்ளும் மின் திறனில் எரிச்சலூட்ட தேவையான மின்னோட்ட அளவு குறைகிறது.

அலையின் வடிவம் ஒரு மின் காயத்தின் போது உயிர் உறுப்பியின் எதிர் விளைவு மின்புலச் செறிவைப் பொருத்தது என்றால் அந்த எதிர் விளைவின் தீவிரம் மின் அழுத்தத்தின் சராசரி மதிப்பையொட்டி அல்லாது சிகர (crest) மதிப்பையொட்டியே தீர்மானிக்கப்பட வேண்டும். படம் 6-11ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள வரைபடத்தைக் கையாண்டு சைனுசாய்டல் அல்லாத மின் அழுத்த அலைவடிவங்கள் மின்னோட்டத்தின் எரிச்சலூட்டும் விளைவுகளை இவ்வாசிரியர் ஆராய்ந்தபோதும் அவ்வாறே தெரிந்தது. சைனுசாய்டல் மற்றும் சைனுசாய்டல் அல்லாத மின் அழுத்த அலை வடிவங்கள் படம் 7-6ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 7-3 சைனுசாய்டல் மற்றும் சைனுசாய்டல் அல்லாத அழுத்தங்களில் பெறப்பட்ட சோதனை விவரங்களை ஒப்பிட்டுக் காட்டுகிறது. இந்த அட்டவணை எரிச்சலூட்டும் விளைவுகள் சராசரி மதிப்பால் அல்லாது மின் அழுத்தத்தின் சிகர மதிப்பாலாயே நிர்ண யிக்கப்படுகின்றன என்று காட்டுகிறது.



படம். 7-6. மனித உடலின் மேல் மின் பாதையின் மின் அழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டத்தின் அலை வடிவங்கள்

அட்டவணை 7-3

எரிச்சலூட்டும் அலகுகளின் பண்புகள்

எரிச்சலூட்டும் அலகுகள்	எல்லைகள்	சராசரி மதிப்பு
எரிச்சலூட்டும் அழுத்தத்தின் எண் (சராசரி) மதிப்புகள், வோல்ட்டு:		
(அ) சைனுசாய்டல் அலை வடிவம்	14-27	17
(ஆ) சைனுசாய்டல் அல்லாத அலை வடிவம் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் எண் (சராசரி) மதிப்புக்கள், மீ. ஆ.	7.5-11.2	9.4
(அ) சைனுசாய்டல் அலை வடிவம்	0.76-2.4	1.2
(ஆ) சைனுசாய்டல் அல்லாத அலை வடிவம் எரிச்சலூட்டும் மின் திறனின் எண் (சராசரி) மதிப்புக்கள், மி. வா.	0.24-0.76	0.55
(அ) சைனுசாய்டல் அலை வடிவம்	13.3-16.8	15.8
(ஆ) சைனுசாய்டல் அல்லாத அலை வடிவம்	3.7-6.4	5.1
சைனுசாய்டல் - சைனுசாய்டல் அல்லாத அழுத்த விகிதம் சமமான சராசரி மதிப்புக்களில்	2.0-2.5	2.28
சைனுசாய்டல் அல்லாத - சைனுசாய்டத்திற்கு உயர்ந்த பட்ச எரிச்சலூட்டும் அழுத்த விகிதம்	1.9-2.4	2.23
சைனுசாய்டல் மற்றும் சைனுசாய்டல் அல்லாத அழுத்த அலை வடிவங்களில் எரிச்சலூட்டும் மின் திறனின் விகிதம்	2.4-3.9	3.1

சைனுசாய்டல் அல்லாத பிற மின் அழுத்த வடிவங்களைப் பொருத்த அளவிலும் இதே போன்றே முடிவுகள் கிடைத்தன. சில நாட்கள் சோதனைக்கு உட்பட்ட 22 மனிதர்கள் மீது பெறப்பட்ட பார்வையீடுகளை ஒட்டியன இந்த விவரங்கள் அடிப்படையான சோதனை நிலைகளில் அதாவது மின்வாய் பரப்பும் தோலின் நிலையும் மாறாமல் வைக்கப்பட்ட பொழுது எரிச்சலூட்டும் அழுத்தங்களும் மின்னோட்டங்களும் நபர்களுக்கு இடையே 5 முதல் 8 சதவீதம் வரைமட்டும் மாறுபட்டன.

வேறுபட்ட சோதனை நபர்களில் மின்வாய்கள் அதே இடங்களில் வைக்கப்பட்ட பொழுது எரிச்சலூட்டும்அழுத்தங்கள் வேறுபட்டன. இந்த வேறுபாடு 150-400 சதவீதம் வரை இருந்தது. கீழ் எல்லை மின்னோட்டத்திற்கு அதிக உணர்ச்சிப்படுவோரிடம் அடிக்கடி காணப் பட்டது.

மாறு மின்னோட்ட, நேர் மின்னோட்ட அழுத்தங்கள். எல்லா நிகழ்ச்சிகளிலும் மின்வாய்கள் தோலின் மேலோ தோலின் கீழோ

வைக்கப்பட்டால் உணர்ச்சியின் மூலம் நேர் மின்னோட்ட அழுத்தத்தையோ மாறு மின்னோட்ட அழுத்தத்தையோ பிரித்துக் காட்ட முடியவில்லை என்று எல்லாச் சோதனை நபர்களும் கூறினார்கள். இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் மின்னோட்டம் பாய்வது ஒன்றுபோன்றே, கடுமையான துளைக்கும் வலியாகக் காணப்பட்டன.

ஆனால் மின்வாய்கள் கைகளினால் பிடிக்கப்பட்டால் நே. மி. அழுத்தத்தை மா. மி. அழுத்தத்தில் இருந்து தெளிவாகப் பிரித்துக் காட்ட முடியும். முந்தைய நிகழ்ச்சிகளில் மின் அழுத்தம் ஆரம்ப மதிப்பை எட்டும்பொழுது ஒரு கொட்டும் உணர்ச்சியைக் காண முடியும். பின்னர் நிகழ்ச்சியில் தொழில் அலைவெண் (50 Hz) அழுத்தத்தில் ஒரு அதிர்வு கொடுக்கும் உணர்வினைக் காணலாம். கொட்டும் உணர்வினை விளைவிக்க நே. மி. அழுத்தம் மா. மி. அழுத்தத்தைவிட 1.5-1.8 பங்கு அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

1953-ல் இவ்வாசிரியர் மாறு மின்னோட்டத்தின் போது ஒரு மனிதன் அதிக பட்ச அழுத்தத்திற்கு ஆளாகிறான் என்று குறிப்பிட்டார். அதே முடிவுதான் 1956-ல் சி. டால்ஜியல் என்பாராலும் எட்டப் பட்டது. அவர் எழுதினார்: "சைனுசாய்டல் அல்லாத மின்னோட்டங்களின் செயல்பாடு அதன் உச்சத்தால் (crest voltage) விளைகிறது சராசரியால் அல்ல".

இந்தக் கருத்துக்களையொட்டி நே. மி. மற்றும் மா. மி. அழுத்தங்களின் அபாயங்கள் பற்றிய எண்ணங்களில் பெருமளவு திருத்தங்களைப் புகுத்த வேண்டியுள்ளது. உயிரிழப்பு விளைவானது உடலின் உடன் எதிர் விளைவால் நிகழ்கிறது என்று நாம் கொண்டால் மனிதன் மேல் அபாய விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தின் நேரம் நொடியின் பின்னங்களில் அமைகிறது. அப்போது நேர் மின்னோட்ட விளைவிற்கும் மாறு மின்னோட்ட விளைவிற்கும் அதிக வேறுபாடு இருக்காது. காயப்படுத்தும் அழுத்தமானது இயங்கும் அழுத்தத்தின் கொடுக்கப்பட்ட மதிப்பில் அல்லாது உச்ச அழுத்தத்தின் மதிப்பில் கணக்கிடப்பட்டால் (ஏனென்றால் அதுதான் நே. மி. அழுத்தத்தோடு உண்மையாக ஒப்பிடப்படுகிறது) மேலே கூறியது உண்மையாகும்.

காயத்தின் உயிர் இயல்பியல்: மின் காயத்தின் நுட்பத்தை நாம் புரிந்து கொள்வதற்கு அழுத்தக் காரணி மேல் நாம் செய்த ஆய்வு எவ்வளவு தூரம் உதவியிருக்கிறது? முதலாவதாக இந்த ஆராய்ச்சி மின்பாதையில் மனிதனைப் பாதிக்கும் மின் அழுத்தங்கள் பற்றிய நமது அறிவை அதிகரித்திருக்கிறது. மற்றும் புலச் செறிவு அது மனித உடலில் நிரவியிருத்தல் ஆகியவற்றின் விளைவுகளையும் வெளிக் கொணர்ந்திருக்கிறது. உயிர் இயல்பியல் வரையறையில் ஒன்றுக் கொன்று அருகில் இருந்தாலும் மற்ற அழுத்த மதிப்புக்களோடு மாறுபடுகிற வரையில் செயல்படும் அழுத்தங்கள் உள்ளன என்று நாம் நம்புவதற்குப் போதுமான காரணங்கள் உண்டு. 120 வோல்ட்டு முதல் 380 வோல்ட்டு வரை உள்ள மின் அழுத்தங்களில் உயிர் இயல்பியல்

ஒரு குறிப்பிட்ட விதத்தில் வெளிப்படுகிறது. ஏனென்றால் இந்நிகழ்ச்சியில் புலச்செறிவு குறைவாக உள்ளது. அபாயம் விளைக்கும் புலச்செறிவு உணர்வு வாங்கிகளின் குறைந்த பிரிவினையே உள்ளடக்கியுள்ளது. மின் அழுத்தம் 380 வோல்ட்டு முதல் 500 வோல்ட்டு வரை அமையும்பொழுது அபாயப் புலச்செறிவு உணர்வு வாங்கிகளின் அதிகப் பிரிவைப் பாதிக்கிறது. விளைவாகப் பொது எதிர் விளைவின் இயல்பு மாறுகிறது.

அபாயம் விளைக்கும் புலச் செறிவு திசுக்களில், முக்கியமாக நரம்பு மற்றும் ரத்த நாளத் திசுக்களில் மாற்ற முடியாத விளைவுகளை, அவற்றின் அணு, மூலக்கூறு மற்றும் மூலக்கூறுகளுக்கிடையிலான இணைப்புக்களைப் பாதிப்பதின் மூலம் ஏற்படுத்துகிறது. இத்தகைய சீர்குலைவுகள் வளர்சிதை மாற்றத்தைப் பாதிக்கின்றன. சில நிகழ்ச்சிகளில் மின் காந்த புல ஆற்றலைத் திசுக்கள் ஏற்றுக்கொள்வது அவற்றின் மூலக்கூறுகளுக்குள்ளும் அவற்றின் இடையேயும் உள்ள இணைப்புகள் ஓரளவு வலுப்பட ஏதுவாகிறது. புற ஊதா மற்றும் அகச் சிவப்புக் கதிரியக்கத்தின் போது சில உடலுறுப்புக்களில் இவையே விளைகின்றன. அணு மற்றும் மூலக்கூறுகளின் மட்டத்தில் இணைப்புச் சக்தியில் ஏற்படும் முன்னேற்றம் சூழ்நிலை விளைவுகளுக்கும் இதர வெளிப்புறக் காரணிகளுக்கும் உள்ள உடலுறுப்புக்களின் தடையை மேம்படுத்துகிறது. இது நாமாக ஏற்றுக்கொள்வதுதான். தற்போது செலுத்தப்படும் மின்சார, மின்காந்தப் புலங்கள் (குறிப்பாக மனித உடல் மின்னோட்டப் பாதையில் இருக்க நேரிடுவது பற்றியது) உயிரியல் மின் அழுத்தங்களின் புலங்களோடு எவ்வாறு இணைந்து செயலாற்றுகின்றன எனும் ஆராய்ச்சி ஆரம்ப கட்டத்திலேயே இருக்கிறது. இந்தப் பிரச்சினையில் ஆர்வம் காட்டும் விஞ்ஞானிகள் மூலக்கூறு திறன் மட்டத்தில் விரிவான உயிர் இயல்பியல் ஆராய்ச்சியினை மேற்கொள்ளுவதற்கு இதனை வழியாகக் கருதுகிறார்கள். ஆனாலும் கிடைத்த முடிவுகள் சில செயல்முறை முடிவுகளை மேற்கொள்ள உதவுகின்றன.

அபாய மின் அழுத்தத் திறன்: 65, 36 மற்றும் 12 வோல்ட்டு அழுத்தங்களால் ஏற்பட்ட உயிரிழப்பு விபத்துகளுக்குக் காரணம் உண்டு. இந்த உயிரிழப்புக்கள் இதயக் கீழறைகளின் நார் உதறலால் எந்த மோசமான நிலைமைகளிலும் ஏற்பட்டிருக்க முடியாது. ஏனென்றால் இதய நார் உதறலைத் தோற்றுவிக்கத் தேவையான மின்னோட்ட அளவினை அவை தூண்ட முடியாது. மேற்கொண்ட மின் அழுத்தங்களில் உயிரிழப்புகள் மிகவும் அசாதாரணமான சந்தர்ப்பங்களிலேயே நேரிடக் கூடும். உதாரணமாகப் பலவீனமான இடங்களின் மூலம் மின்னோட்டம் பாய்வதாலும் மோசமான சுற்றுப்புற நிலைகளாலும் விழிப்புணர்ச்சி குறைவதாலும் இறுதியாக இவற்றின் மொத்த விளைவுகளாலும் நிகழக்கூடும். இவ்வுயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளுக்கு இது வரை தெரியாத வேறு காரணங்களும் இருக்கலாம்.

மின் அழுத்தத்தின் உயர்வையொட்டித் தீவிர காரணி அதிகரித்தல் (நேரடி விகிதத்தில் இல்லாவிட்டாலும்) முற்காலங்களில் பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளில் ஒன்று மின் அழுத்தத்தைக் குறைப்பதே (விளக்கு, கையில் எடுத்துச் செல்லும் சாதனங்களைப் பொருத்த வரையில்) என்ற முடிவினை ஏற்படுத்தியது. இது "பாதுகாப்பான அழுத்தம்" எனும் சொல்லையும் உருவாக்கியது. பாதுகாப்பற்ற நிலைகள் உள்ள இடங்களில் இந்த அழுத்தத்தை அடைய தாழ்த்து மின் மாற்றிகளை அமைப்பதும் சிபாரிசு செய்யப்பட்டது. பல்வேறு நாடுகளில் பாதுகாப்பான அழுத்தம் 65, 40, 36, 24 மற்றும் 12 வோல்ட்டு ஆகக் கருதப்பட்டது. சோவியத் நாட்டில் அதிக ஈரத்தன்மையும் கூடுதலான வெப்பமும் குறைந்த சுற்றுப்புற காற்று அழுத்தமும் உள்ள இடங்களில் 65, 36 மற்றும் 12 வோல்ட்டு இவற்றிற்கு முதலிடம் அளிக்கப்பட்டது. இந்த இடங்களில் மின் தடையில் ஏற்படும் குறைவும் மின் சாதனங்களின் காப்புத் தன்மைகளில் பாதிப்பும் மோசமான சுற்றுப்புற விளைவுகளுக்கு ஆளாதலும் அபாயங்களை பெருக்குவதால் குறைந்த அழுத்தங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன. அவ்வாறு செய்வதினால் வடங்களை அமைப்பதில் உள்ள சிக்கல்கள் கருத்தில் கொள்ளப்படவில்லை. ஏனென்றால் இங்கு அதே அளவு திறனைக் கடத்துவதற்கு அதிக குறுக்களவுள்ள கம்பிகள் தேவைப்பட்டன. மேலும் 220 வோல்ட்டு அமைப்புக்களில் உள்ளது போல் கடினமான துண்டிக்கும் உபாயங்களும் பயன்படுத்த வேண்டியிருந்தன. சுரங்க தொழிற்சாலைகளிலும் கட்டுமான பணிகளில் தற்காலிக மின் வழங்கு தொடர்கள் அமைப்பதிலும் இது மிகவும் உண்மையாகும்.

தற்காலங்களில் பாதுகாப்பான அழுத்தங்களை விரைவாகப் பயன்படுத்தல் மறுபரிசீலனை செய்யப்பட வேண்டியதாகும். ஏனென்றால் கம்பிகள் மற்றும் நிலத்தடி வடங்கள் ஆகியவற்றின் கடத்தாமையும் நம்பகத் தன்மையும் சாதனங்களின் நம்பகத் தன்மையும் வெகுவாக முன்னேறியுள்ளன. அதிகத் தடைத் திறன் கொண்ட, மின்பாயா வலுக் கொண்ட, தண்ணீர் புகாத மின் காப்புப் பொருட்கள் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. 12-65 வோல்ட்டு உள்ளடங்கிய 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அமைப்புக்களில் நேரிடும் அதிக அளவு உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகள் கவலை தரக் கூடியன, எனினும் அந்த அழுத்தங்களில் ஏற்படும் காயங்களின் நுட்பம் தெளிவாகவில்லை. ஒன்று மட்டும் வெளிப்படை. இறப்பின் முக்கியமான காரணம் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் நார் உதறல் என்று இருக்க முடியாது. ஏனென்றால் உடலின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டங்கள் தடைகளினால் குறைக்கப்படுவதால் நேரடியாக நார் உதறலைத் தூண்டும் அளவிற்குச் சக்தி வாய்ந்தன அல்ல. ஆகவே மின் காயமானது மிகவும் கடுமையான சுற்றுப்புற சூழலில் மனித உடலின் மேல் மின்னோட்டம் பாயும்போதே ஏற்படுகிறது. இந்தப்

பிரசினைகள் எல்லாம் மேற்கொண்டு ஆய்வு செய்யப்பட வேண்டி யவை. ஆனல் ஒரு முடிவு மட்டும் சரியாகத் தோன்றுகிறது. பாது காப்பு நிலைகளை அடையும் நம்பிக்கையோடு சிந்தனையற்று மின் அழுத்தங்களைக் குறைத்துக் கொண்டே செல்லுதல் தவருனதாகும். "பாதுகாப்பு அழுத்தம்" எனும் காரணியை அது யாரையுமே பாதுகாக்காத காரணத்தினுல் விட்டுவிடுவதே நல்லது. மேலும் 12 வோல்ட்டு மின் அழுத்தத்தை மோசமான சூழ்நிலைகள் உள்ள கொதி கலங்கள் போன்ற இடங்களில், பழுது பார்க்கும் வேலைக்காக எடுத்துச் செல்லும் விளக்குகள் போன்றவற்றில் பயன்படுத்தலாம். 24 மற்றும் 36 வோல்ட்டு பழக்கத்தில் உள்ள இடங்களில் கட்டு மானத்தின் நம்பகத்தன்மை, மூலங்களின் கம்பி அமைப்பு, சாதனங் களின் அமைப்பு இவற்றின் பராமரிப்பு ஆகியவற்றை மேம்படுத்தி 127, 220 மற்றும் 380 வோல்ட்டு மின்சாரத்தைப் பயன்படுத்தலாம். 24 மற்றும் 36 வோல்ட்டு திறன்களை ஏற்படுத்திய அழுத்தங்களை மின் காயங்களின் புலனுய்வுகளும் மாதிரி நிலைகளில் மின்னேட்ட விளைவுகள் பற்றி செய்த சோதனை விவரங்களும் காட்டுகிறபடி பயன்படுத்துவதை நிறுத்திவிடலாம்.

சில பொறியியல் துறைகளில் பாதுகாப்பு அழுத்தங்களையொட் டியே பாதுகாப்பு முறைகளை அமைக்க வேண்டியுள்ளது. பாதுகாப்பு அழுத்தமானது . 12 வோல்ட்டிற்கும் கீழே செல்லுகிறது. ஆனல் 12 வோல்ட்டிற்குப் பொருத்தமான காப்பு உபாயங்களை வடிவமைப் பது மிகவும் செலவானதும் செயல்முறை சாத்தியமற்றதும் ஆகும். விஞ்ஞான விவரங்களால் நிரூபிக்கப்படாவிட்டாலும் இப்பிரசினை களுக்கு அறிவுபூர்வமான தீர்வுகள் காணப்பட வேண்டும். நாம் முதலில் கூறுவது என்னவென்ருல் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அமைப் புக்களிலும் செய்திப் பாதைகளிலும் நில இணைப்பு உபாயங்களை அமைக்க வேண்டும். தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களைப் பொறுத்து நில இணைப்பினை வடிவமைப்பது மிக அவசியமானது. நில பழுது காப்பின் இயக்க நேரம் (operation period of the earth-fault protection) இரண்டு நொடிகளுக்கு மேலிருந்தால் தொடு அழுத்தத்திற்கு 150 வோல்ட்டுக் குறிப்பு மதிப்பாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். அது இரண்டு நொடிகளுக்குக் கீழ் இருந்தால் 300 வோல்ட்டு ஆக மேற்கொள்ளலாம். இதே சிபாரிசுகளே மிதி அழுத்தங்களுக்கும் பொருந் தும். கீழ்க்காணும் நிலைகளிலே இந்தச் சிபாரிசுகள் ஏற்புடையவை:

(1) மின் நிலையங்கள் சிறப்பு பணியாளர்களால் கவனிக்கப்பட வேண்டும்;
(2) உடலின் மூலம் மின்னேட்டம் தோன்றுவது சாத்தியமல்ல;
(3) வேலைபார்க்கும் பணியாளர்கள் காலணிகளையும் ஏனைய பாதுகாப்பு சாதனங்களையும் வைத்திருக்க வேண்டும்.

மேலே கூறிய சிபாரிசுகள் எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பற்றி ஒன்பதாம் அத்தியாயத்தில் விவாதிப்போம். செய்திப் பாதைகளில் வேலை செய்யும் பணியாளர்களுக்கும் தூண்டு

(induced) மின் அழுத்தத்திற்கு எதிராக பாதுகாப்பதற்கு மேலே கூறியவை பொருந்தும்.

7-2 மின்னேட்டம்

எண் விவரங்கள்: பல ஆண்டுகளாக 100 மி. ஆ. மின்னேட்டம் உயிர்க் கொல்லி மின்னேட்டத்தின் ஆரம்பமாகக் கருதப்பட்டது. இந்த மின்னேட்ட அளவை நிலைப்படுத்துவதோ அதை முதலில் கூறியது யார் என்று கண்டுபிடிப்பதோ கடினம். இந்த விவரங்கள் வெளியிடப்படாவிட்டாலும் அமெரிக்க நாட்டில் குற்றவாளிகளுக்குக் கொலை தண்டனை அளிக்க மின்சாரத்தை பயன்படுத்தியது முதல் இது தெரிய வந்தது.

1936ல் பெரிஸ், கிங், ஸ்பென்ஸ் மற்றும் வில்லியம்ஸ் என்பவர்களால் உயிர்க் கொல்லும் மின்னேட்டங்கள் பற்றி விரிவான ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ளப்பட்டது. அவர்கள் மனிதர்களோடு எடையில் ஒப்பிடக்கூடிய விலங்குகளை வைத்து (ஆடு, பன்றி, கன்றுகள் போன்றவை) நார் உதறல் துவக்கத்தின் மேல் சோதனைகள் செய்தார்கள். 70 கிலோகிராம் எடையுள்ள ஒரு மனிதனுக்கு நார் உதறலைத் துவக்கும் மின்னேட்டத்தை அவர்கள் கணக்கிட்டார்கள். சராசரியாக இதன் மதிப்பு 260 மி. ஆ. ஆகும். ஆனுலும் தனிப்பட்ட பெருச்சாளிகளிடம் இந்த ஆரம்ப மின்னேட்டம் மாறுபடுவதை வைத்து அதையே மனிதனுக்கும் ஏற்றுக் கொண்டு 100 மி. ஆ விற்கு மேற்பட்ட மின்னேட்டம் மனிதனுக்கு மரணம் விளைக்கக்கூடியது என்று கூறினர்கள். பல நாடுகளில் இந்த அளவு சட்ட பூர்வமாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

புத்தகங்களில் தீவிரத்தில் மாறுபடும் மின்னேட்டங்களின் விவரங்கள் காணப்படுகின்றன. என். விக்டோர்ஜிக் அவர்களது கட்டுரையிலும் இத்தகைய அட்டவணைகளைக் காணலாம். இதில் பல அறிக்கைகள் இன்றைய தேதிக்கு ஒப்புக்கொள்ள முடியாமையால் கேப்பென் பெற்ற விவரங்களை நாம் பார்ப்போம். அவர் மின்னேட்டத்தை நான்கு எல்லைகளாகப் பிரித்தார்: (1) 25 மி. ஆ வரை; (2) 25-80 மி. ஆ; (3) 80 மி. ஆ — 3 ஆ; (4) 3-8 ஆ (ஆட்டவணை 7-4).

இந்த வகைபாடு ஆய்வு செய்யப்பட்டால் கேப்பென் 100 மி. ஆ. வை உயிர்க் கொல்லி மதிப்பாக ஏற்றுக் கொண்டதை மறுக்கவில்லை. ஆனுல் அதனேடு அவர் தன் கட்டுரையில் தரும் உண்மை விவரங்கள் மாறுபடுகின்றன. கேப்பென் விழிப்புக் காரணியைக் கருத்தில் கொள்ளவில்லை. அவர் மேலே குறிப்பிட்ட வகைபாடுகளை யொட்டியே மின்காயங்களை ஆராய்ந்தார். இந்த அட்டவணையில் கேப்பெனின் வகைபாட்டை ஒப்புக்கொண்ட பிற ஆசிரியர்கள் அளித்த உடல் இயங்கு இயல் பண்புகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

கேப்பென் அவர்களுடைய கருத்துக்கள் மின் பாதுகாப்பு பிரச் சினைகளில் ஆராய்ச்சிகள் செய்த பி. ஓசிப்கா, டீ. ஸேபர், லாங்கே, ஸ்னீடர், சுவர்ட்ஸ், வோட்டோ போன்ருேராலும் ஒப்புக்கொள்ளப் பட்டன. இதே கருத்து சோவியத் நாட்டு நிபுணர்கள் பலராலும் ஆதாரமாக ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டன (கிசலவ், குருவிச், கரியாகின் மற்றும் விலாசவ்).

100 மில்லி ஆம்ஸ் மின்னுேட்ட அளவு சட்ட பூர்வ ஆவணங் களிலும் முறைகளிலும் அறிவுரைகளிலும் காணப்படுகின்றன. ஆகை யால் மறுப்புக்கள் தேவைப்பட்டாலும் இந்த மதிப்பினை மறுப்பது கடினம். 35 ஆண்டுகளாக இவ்வாசிரியர் மின் விபத்துக்களை ஆராய்ந்து வருவதையொட்டி இந்த மறுப்புகள் தோன்றுகின்றன. எஸ். ஜெல்லினெக் கூறிய கூற்றுக்களும் இந்த மறுப்பினை ஆமோ திக்கின்றன. அவர் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னுலேயே மின்னுேட்ட அளவிற்கும் காயத்தின் தீவிரத்திற்கும் நேரடித் தொடர்பைக் காட்ட முயல்வதை எதிர்த்தார்.

அட்டவணை 7-4ல் கேப்பென் போன்ருேரின் விவாதங்களில் நேரக் காரணி கருத்தில் கொள்ளப்படவில்லை. ஆகவே இந்த அல்லது அந்த மின்னுேட்டத்தின் அளவு ஏற்படுத்தும் அபாயம் அதனுடைய காலத்திற்குத் தொடர்பு அற்றுக் காட்டப்படுகிறது.

துவக்கத்தில் ஆரம்ப ஒப்பீட்டிற்காகச் சாதாரண மின் கடத்திகளை எடுத்துக் கொள்வோம். எந்த ஒரு பொறியாளரையோ மின் பணியாளரையோ அல்லது நுட்ப பணியாளரையோ 100 மில்லி ஆம்பியர்கள் மின்னுேட்டம். ஒரு கம்பிக் கடத்திக்குக் கேடு விளைக்குமா என்று கேட்டால் அவரது பதில் கீழ்க்காணுமாறு இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னுேட்டம் ஒரு கம்பிக் கடத்திற்குக் கொடுக்கும் அபாயத்தை அறிய அதன் குறுக்களவு அது செய்யப்பட்ட உலோகம், அதன் மின் காப்பின் பண்புகள், அது அமைக்கப்பட்ட விதம், சுற்றுப்புற நிலைகள், கடைசியாக அதன் மேல் மின்னுேட்டம் பாயும் நேரம் அனைத்தும் தெரிய வேண்டும். இவற்றையெல்லாம் கொடுத் தால்தான் ஒரு சாதாரண உலோக கடத்தியாக இருந்தால் கூட அதற்கு மின்னுேட்டம் விளைவிக்கும் அபாயத்தைக் காண இயலும். இது வரை கண்டுள்ளபடி ஒரு நொடியில் 100 மி. ஆ மின்னுேட்டம் ஒரு கடத்திக்கு அபாயம் கொடுப்பதில்லை. இதே வகையான ஒப் புவமையே மின் நுண் அணு கடத்தல் அல்லாது மின்னணுக் கடத்தல் தன்மை கொண்ட கடத்திக்கு (மின் பகுப்பி) பொருந்தும். இந்தக் கூற்று பாதிக்கப்பட்ட பொருளின் எதிர் விளைவுக்கு மின்னுேட்ட அளவு மட்டும் காரணமல்ல என்று நிலைநாட்டுகிறது.

மேலே கூறியது ஒரு உலோகத்திற்கோ நீர்மத்திற்கோ பொருந் துமாயின் மனித உடலைப் பொருத்த வரையில் அது இரண்டு பங்கு உண்மையே. எவ்வளவு விசித்திரமாகத் தோன்றினுலும் இந்த உண்மை இது வரை கருதப்படவில்லை. மிகச் சிக்கலான பொருள்களில்

அட்டவணை 7-4

சில ஆசிரியர்களால் செய்யப்பட்ட உடலியங்கியல் சோதனைகளால் நிலைநாட்டப்பட்ட மின்னோட்ட எல்லைகள் (கேப்பென் கூறியபடி)

மின்னோட்ட எல்லைகள்	உடலியங்கியல் எதிர் விளைவின் விதம்	வெபர்	கவ்வன் கோவன்	வெசண்டின்	சுவிட்சல்லாந்து மின் இயல் குழு	வெலாசக்	டாலிஜியல்
		மின்னோட்டம், மில்லி ஆம்					
I (25 மில்லி ஆம் வரை)	(1) எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் ஆரம்பம்	0.1 - 1.4	1-2	—	0.9 - 1.6	0.5	0.44 - 1.92
	(2) பலமான தசை நரம்பு எதிர் விளைவு	0.8 - 2.4	6-8 பெண்களுக்கு 8-22 ஆண்களுக்கு	6-7 பெண்களுக்கு 8-9 ஆண்களுக்கு	3.5 - 4.5	—	—
	(3) வலிப்புக்களின் துவக்கம்; சோதனை நபர் கையை எடுத்துக்கொள்ள இயலும்	9 - 15	—	—	13-15	15	10-13
	(4) வலிப்புக்கள்; சோதனை நபர் கடத்தியுடன் உறைகிறார்	19 - 22	—	15	15	30	—
II (25-80 மில்லி ஆம்)	சோதனை நபர் நினைவு இழக்காமல் மின்னோட்டத்தைத் தாங்குகிறார்	22 - 50	—	—	—	50	—
III (80 மில்லி ஆம் — 3 ஆம்	கீழறைகள் நார் உதறல்	—	—	100	100	100	100
IV (3-8 ஆம்)	நிலையான வலிப்பு : மூச்சுத் திணறலை ஏற்படுத்தும் தசையின் சுருக்கம்	—	சில ஆம்பியர்கள்	சில ஆம்பியர்கள்	—	—	—

குறிப்புக்கள்: 1) வெபரின் விவரங்கள் ஜேபர் மற்றும் செய்சர் பின்னர் நடத்தி ஆராய்ச்சிகளால் உறுதிப்படுத்தப்பட்டன.
2) பிரிபா 25 மில்லி ஆம் அபாயம் விளக்கும் மின்னோட்ட எல்லையாகவும் 50 மில்லி ஆம் உயிரிழப்பை ஏற்படுத்துவதாகவும் கருதினர்.
3) பிரிவு I (1)ல் மின்னோட்ட அளவையொட்டி தமனி மற்றும் சிரைகளில் இரத்த அழுத்தம் முதலில் உயர்கிறது. பிரிவு I (2)ல் இதய மற்றும் நரம்புத் தொகுதிகளில் விளைவுகள் காணப்படவில்லை. பிரிவு IIல் சிரைகள் மற்றும் தமனிகளில் அழுத்தங்கள் ஓரளவு உயர்கின்றன. இதய ஓட்டத்தில் பாதிப்பு நேரிடுகிறது. பிரிவு IIIல் மாற்ற முடியாத நார் உதறல் ஏற்படுகிறது. பிரிவு IVல் சிரைகள் மற்றும் தமனிகளின் ஆரம்ப அழுத்தங்கள் வேகமாக உயர்கின்றன. இதயம் நிற்கிறது.

ஒன்ருன உயிர் உறுப்பியைப் பாதிக்கும் ஆபத்தின் அளவு, மின்னேட்டம் மற்றும் அழுத்தத்தைக் கொண்டே மதிப்பிடப்பட்டது. இந்த மதிப்புக்களே பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளே மேற்கொள்ளப் பயன்படுத்தப்பட்டன.

இந்த நிலைமை பல மின் பொறியாளர்கள் மற்றும் இயல்பியல் அறிஞர்களிலிருந்து உடலியங்கியல் ஆளர்கள் மற்றும் நோய் உடலியங்கியல் ஆளர்கள் பிரிந்து போனுர்கள் என்பதால் (ஜி. ஃபிரெங்கல் கண்டபடி) நேரிட்டதாகும்.

நாம் கீழ்க்காணும் ஒப்புமையோடு துவங்குவோம். ஒரு பொதுவான கடத்தி பாதிக்கப்படுவதற்குக் கீழ்க்காணும் ஏதாவது ஒரு காரணம் இருக்கலாம்: *(1)* எரிதல்; *(2)* மின் சலனக் சக்தியால் ஏற்படும் பாதிப்பு; *(3)* இணைப்புக்களில் பிராண வாயுவின் பாதிப்பு (oxidation of contacts) போன்றன. ஒரு உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சி கீழ்க்காணும் காரணங்களின் ஒன்றினுல் நேரிடலாம்: *(1)* இதய தசையில் நேரடியாக மின்னேட்டம் பாய்வதால் அல்லது வேறு பாதையின் வழியாகப் பாய்வதால் ஏற்படும் கீழறை நார் உதறல்; *(2)* மூச்சு நின்று போதல் (வெவ்வேறு காரணங்களால்); *(3)* அதிர்ச்சி.

ஒவ்வொரு பாதிப்பும் மின்னேட்ட அளவோடு சம்பந்தப்பட்டது. அந்த அளவு மின்னேட்டப் பாதையையும் மின்னேட்டம் பாயும் காலத்தையும் பொருத்து அமையும். ஒரு கடத்தியோ அல்லது கடத்திகளின் அமைப்போ அது வெப்பத் தடைக்காகவும் மின் இயங்குத் தடைக்காகவும் (electrodynamic resistance) இவை போன்றவற்றிற்காகவும் தனியாகச் சோதிக்கப்படும். இப்படி வேறுபட்ட மதிப்பீடுகள் மனிதனுக்கோ வேறு உயிர்ப் பொருளுக்கோ இதுவரை செய்யப்படவில்லே. இதற்கிடையில் ஒரே அளவு மின்னேட்டம் நார் உதறலேயும் மூச்சு நிற்பதையும் அதிர்ச்சியையும் விளேவிப்பது மின்னேட்டத்தின் அளவு இறப்பின் காரணத்தோடு தொடர்பு உள்ளது அல்ல என்பதைக் காட்டும். (இவ்வாறு புத்தகங்களில் நேரடியாகச் சொல்லப்படாவிட்டாலும்). சாதாரண கடத்திகளில் செய்வதைப் போல மனித உடலிலும் மின்னேட்ட அளவினே யொட்டி மின் பாதையின் அபாயங்களே நிர்ணயித்தலுக்கு இதே உதாரணத்தைக் காட்டலாம். ஆனுல் அவ்வாறு செய்வதற்கு முதலில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்னேட்டம், இந்த அல்லது அந்த அழிவை ஏற்படுத்துவதற்குப் போதுமானதா என்று நிர்ணயிக்க வேண்டும். வேறுவிதமாகக் கூறினுல் அனுகூலமான அல்லது அனு கூலமற்ற விளேவினே நாம் முன்னரே நிர்ணயிக்க வேண்டும்.

பாதிக்கப்பட்டோரை ''நீலங்கள்'' மற்றும் ''வெள்ளேகள்'' என்று பிரித்தல். மனிதர்களிலும் விலங்குகளிலும் இதய நார் உதறலே விளேக்கும் மின்னேட்டதத்தின் அளவு கண்டுபிடிக்கப்பட்டுவிட்டது. ஆனுல் மின்னேட்டம் திடீரென்று பாய்வதால் மூச்சு நிற்பதன் மற்றும் அதிர்ச்சி பெறுவதன் காரணமான மின்னேட்டங்களும்

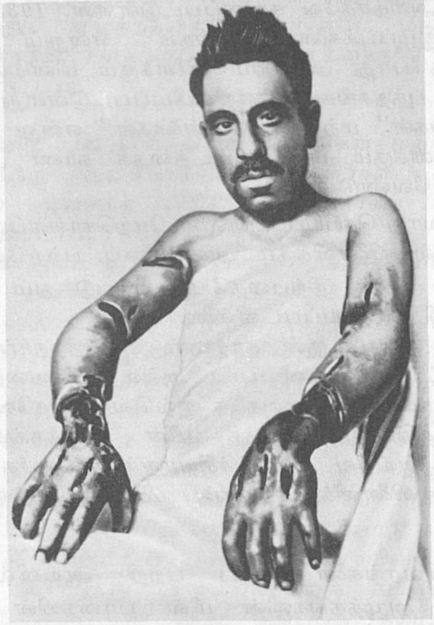
நிலைமைகளும் அரிதாகவே காணப்பட்டுள்ளன. 1935க்கு ஸ்டேஸன் மின் உயிர் இழப்புக்களை "நீலங்கள்" என்றும் "வெள்ளைகள்" என்றும் பிரித்தபோது அபாயம் விளைக்கும் மின்னோட்டமாக 100 மி. ஆ அளவு புத்தகங்களில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. பாதிக்கப்பட்டோரை "நீலங்கள்" மற்றும் "வெள்ளைகள்" என்று பிரித்தது மூச்சு நிற்பதை விளைவிக்கும் மின்னோட்டத்தைக் காண ஆராய்ச்சிகளைத் தூண்டியிருக்க வேண்டும்.

ஆனால் அவ்வாறு செய்யப்படவில்லை. மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் நார் உதறல் விளைவிக்கும் அலகுகளைப் பற்றியே அமைந்தன. அதிர்ச்சியையே மூச்சு நிற்பதையோ ஏற்படுத்தும் ஆரம்ப மின்னோட்டம் பற்றி ஆராயப்படவில்லை.

இந்த நிலை ஏற்பட்டதன் காரணம் சில சந்தர்ப்பங்களில் 100 மி. ஆ மின்னோட்டம் ஒரு தனிப்பட்ட அல்லது பலவகை விலங்குகளில் மேலே கூறிய மூன்று விளைவுகளை ஒவ்வொன்றாகவோ மொத்தமாகவோ ஏற்படுத்தியது. தாழ்ந்த மின் அழுத்தங்களில் ஏற்பட்ட விபத்துக்களின் ஆய்வே ஆராய்ச்சியாளர்களை மூச்சு நிறுத்தலையும் அதிர்ச்சியையும் விளைவிக்கும் ஆரம்ப மின்னோட்டத்தைப் புலனாயத் தூண்டியது.

விபத்து விவரங்களை (7-1) பற்றி ஆய்வில் கிடைக்கும் காயப்படுத்தும் அழுத்தங்களின் மின் பாதையின் தடை பற்றி விவரங்களின் அடிப்படையிலும் (6-6) காயப்படுத்தும் மின்னோட்டங்களின் மதிப்புக்களை மதிப்பிட இயலும். இப்படிப்பட்ட மதிப்பீடு தோராயமாகத்தான் இருக்கும். ஆனாலும் கேப்பென். ஐ. கிலர் மற்றும் ஒசிப்கா ஆகியோரின் மதிப்பீடுகளைவிடச் சரியாக இருக்கும். இந்த ஆசிரியர்கள் விபத்து சந்தர்ப்பங்களை ஏற்படுத்திப் பார்ப்பதையோ மனிதன் காயம் பெற்றபோது மின்னோட்டப் பாதையில் மனிதனின் தடைத்திறனை சோதனைகள் மூலம் நிர்ணயித்தலையோ செய்யவில்லை. நமது விபத்துக்களின் மேல் செய்யப்பட்ட கருவி ஆய்வுகளின் மூலம் கண்ட, காயம் விளைவிக்கும் மின்னோட்ட அளவுகள் கீழ்க்காணுமாறு: 100 சதவீத மின் விபத்துக்களில் 18 சதவீதம் 5 மி. ஆக்குள் நடந்தன, 24 சதவீதம் 5-10 மி. ஆ இல் நடந்தன, 32 சதவீதம் 11-20 மி. ஆ இல் நடந்தன, 26 சதவீதம் 21 மி. ஆ இலும் அதற்கு மேற்பட்டும் நடந்தன.

1,000 வோல்ட்டிற்கு மேற்பட்ட அழுத்தங்களில் காயம் விளைக்கும் மின்னோட்டங்களை நிர்ணயிப்பது இது போன்றே சிக்கலானது. காயப்பட்டபின் உயிரோடு இருந்தாலும் பாதிக்கப்பட்டவர் கடுமையான எரிபுண்களால் துன்பப்படக் கூடும். இத்தகைய நிகழ்சசிகளில் மனித உடலின் மின் தடை விரிவான எல்லைகளுக்குள் மாறுபடுகிறது. ஆகவே இந்த மின்னோட்டங்களில் எல்லைகளைக் குறிப்பிடுவதோடு நாம் நிறுத்திக் கொள்ளலாம்.



படம். 7-7. விபத்திற்கு மூன்று வாரங்களுக்குப் பிறகு பாதிக்கப்பட்டவரின் தோற்றம்

நிலத்தோடு ஏற்பட்ட தீண்டுதலைச் சுட்டிக்காட்டும் கருவிகளும் அளவு கருவிகளும் இருந்தால்தான் காயம் விளைக்கும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிட முடியும். ஒரு நிகழ்ச்சியில் ஒரு மின் பணியாளர் ஒரு 6.6 கிலோ வோல்ட்டு சட்டத்தை வெறும் கையினுல் தொட நேர்ந்த பொழுது மின்னோட்ட அளவும் அதன் நேரமும் ஒரு தானியங்கு கருவி வரைபடம் விபத்து நிகழ்ந்தவுடனேயே இயங்கிய மின்னோட்டம் 7.8 ஆம் ஆக இருந்தது. பாதிக்கப்பட்டவர் மின்னோட்டப் பாதையில் இரண்டு நொடிகள் இருந்தார். அவர் கடுமையான எரிபுண்களைப் பெற்றுலும் உயிர் பிழைத்தார் (படம் 7-7).

ஐந்து விபத்துக்களின் நில குறியீட்டு மின்னோட்டத்தின் மூலமும் நில பாதுகாப்பு செயல்பாட்டு மின்னோட்டத்தை நிலை நாட்டினோம். ஏனென்றுல் இந்நிகழ்ச்சிகளில் மின்கடத்தும் பகுதிகளைத் தீண்டியது இணைந்த மின்பொறி பாய்வை (shunting flash-over) விளைவிக்கவில்லை.

இவற்றில் இரண்டு விபத்துக்கள் 6.6 கிலோவோல்ட்டு அழுத்தத்தில் நிகழ்ந்தன. மேலும் இரண்டு 11 கிலோவோல்ட்டிலும் ஒன்று 35 கிலோவோல்ட்டிலும் நிகழ்ந்தன. மின் அழுத்த மாற்றிகளின் மூலம் நில கண்டுபிடிப்பு கருவிகள் இணைக்கப் பெற்றிருந்தன. நில இணைப்புக் குறிகள் பயனுள்ளதான இயங்க மின்னோட்டம் 5

அல்லது 6 ஆம் க்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும். பெரும்பான்மையான நிகழ்ச்சிகளில் இவை அதிகமாகவே உள்ளன. விளைவாக மின்னோட்டப் பாதை மனித உடலின் மூலம் இணைந்தபொழுது இணை மின் பொறி இல்லாவிட்டால் நில இணைப்புக் குறி இயக்கப்பட்டது; அல்லது மின்னோட்டப் பாதை நில இணைப்புக் காப்பினால் துண்டிக்கப்பட்டது. ஆகவே நில இணைப்புக் குறியைச் செயல்படுத்திய அல்லது நில காப்பை இயக்கிய முழு மின்னோட்டமும் மனித உடலின் மூலம் பாய்ந்தது என்று கொள்ளலாம். ஒரு மிகக் கடுமையான நிகழ்ச்சியில் அதிகமான தீவிரமான எரிபுண்கள் ஏற்பட்டும் பாதிக்கப்பட்டவர் உயிர் பிழைத்தார். அத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் அரிதாகவே நடக்கின்றன. சாதாரணமாக இத்தகைய தீண்டுதல்கள் மின் பொறி பாய்தலை ஏற்படுத்துகின்றன. எரிபுண்களினால் மரணம் விளைகிறது. மின்சாரம் பாயும் பகுதியை இறுக்கமாகப் பிடித்தபோதும் (இத்தகைய நிகழ்ச்சி பிடிக்கப்பட்ட பகுதியில் தவறுதலாக மின் அழுத்தம் கொடுக்கப்படும் பொழுதும் அல்லது மிக வேகமாகத் தொடுதலும் கையால் பிடித்தலும் பொழுது நேரிடுகின்றன) அனுகூலமான விளைவுகள் நேரிட்டு இருக்கின்றன.

விபத்து புலனாய்வின் மூலம் நேரடியாகக் காயம் விளைத்த மின்னோட்டங்கள் பற்றிய விவரங்கள் பெறுவது பல ஆண்டுகளாகவே அரிதாக இருந்திருக்கிறது. முதல் முறையாக இவ்விவரங்கள் இவ்வாசிரியராலும் அவரது சக ஆசிரியராலும் 1953ல் வெளியிடப்பட்டன. 1955ல் கேப்பென் அவர்களாலும் வெளியிடப்பட்டன. இவ்வாசிரியர் சில நிகழ்ச்சிகளையே காட்டியிருந்தாலும் சேகரிக்க விவரங்கள் சுவையானவை. 38 வயதான கே. கான்ஸ் என்பாருக்கு ஏற்பட்ட மின் காயத்தை அவர் விவரிக்கிறார். அந்த விபத்தைப் புலனாய்ந்தவர்களின் கூற்றின்படி அவர் 4 மில்லி ஆம் மின்னோட்டத்தில் இறந்தார். கேப்பென் அவர்களால் கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டங்களின் அட்டவணை காயப்படுத்தும் மின் அழுத்தங்களால் திரும்பக் கணக்கிடப்பட்டால் சில மில்லி ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டம் விளைவித்த காயங்கள் அதிகமாக இருப்பதைக் காணலாம் (கேப்பென் அவர்களுடைய புத்தகம் இயக்க அழுத்தத்தையொட்டி மின்னோட்டங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதாகக் காட்டுகிறது). அதே நேரத்தில் பி. ஓசிப்கா [130] கேப்பென் விவரங்களையும் தனது விவரங்களையும் சில ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தில் மின் காயங்களையும் அனுகூலமான விளைவிற்கு ஆதாரமாகச் சுட்டிக் காட்டுகிறார்.

சில மில்லி ஆம்பியர்களால் ஏற்படும் காயங்களை நாம் எப்படி விளக்க முடியும்? ஆபத்தான மின்னோட்ட மதிப்பைத் தவறாக அளவிட்டதில் விளைவா இது? ஒருவேளை இதன் பதில் மனித உடல் மின்னோட்ட அளவு மிகக் குறைவாக இருப்பதால் நார் உதறலைத் தவிர வேறு வழியில் பாதிக்கப்பட்டு இருக்கலாம் என்பதே.

மின்னோட்ட எல்லைகளில் சரியான மதிப்பீடுகளைக் குலைக்கும்

முதற்கோட்பாட்டினை ஆராய்வோம். காயம் விளக்கும் மின்னோட்டத்தைத் துல்லியமாக அளவிடுவது உண்மை நிலைக்கு மாறானது. ஆனால் அதன் எல்லைகள் விபத்து நிலைகளின் கவனமான கருவி ஆய்வுகள் மூலம் வரையறுக்கப்படக் கூடும்

இத்தகைய அளவீடுகளின் முறை பத்தி 4-1ல் விரிவாக விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது. அதனை இங்கு சுருக்கமாகப் பார்ப்போம். விபத்துக்களின் புலனாய்வில் அதனால் காயம் விளக்கும் மின்னோட்ட மதிப்புகளை நிர்ணயித்தலில் தகுதி படைத்தவர்களே ஈடுபடுகிறார்கள். பல நிகழ்ச்சிகளில் மனித உடலின் மின் தடை உட்பட எல்லா அலகுகளையும் அளவிட முடிகிறது. ஆகவே இது மனிதனைப் பாதித்த மின்னோட்டப் பாதையின் மொத்தத் தடையினை ஓரளவு துல்லியத்துடன் நிர்ணயிக்க உதவுகிறது. இந்த மதிப்பினையும் மின்னோட்டப் பாதையின் மொத்தத் தடையினையும் அறிந்தால் காயம் விளக்கும் மின்னோட்டத்தின் எல்லைகளை நாம் நிர்ணயிக்கலாம். அப்போது காயம் விளக்கும் மின்னோட்ட எல்லைகளை மதிப்பீடு செய்ததை நாம் சந்தேகிக்க வேண்டியதில்லை? ஆனால் இந்த மின்னோட்டங்களின் மதிப்பு யாது? இதன் மதிப்பு பத்து என்று காட்டப்படுகிறது. நிகழ்ச்சிகளில் ஒரு சில புத்தகங்களில் பாதுகாப்பான மின்னோட்டமாகக் கருதப்பட்டதைவிட (100 மி. ஆ) நூறு மடங்கு குறைவாகும்.

கிடைத்த மதிப்புக்கள் (குறைந்த எல்லைகள் 1-5 மி. ஆ வரை) எதிர்பாராதவை. ஏனென்றால் 100 மில்லி ஆம் மின்னோட்டமும் உடலியங்கியல் எதிர் விளைவுகளையொட்டி மின்னோட்டத்தைப் பாகுபாடு செய்வதும் (அட்டவணை 7-4) ஓரளவு சரியாகத் தோன்றின. கடைசியாக இவ்வாசிரியருக்குக் கிடைத்த விவரங்கள் அதிகப்படியான மனிதர்கள் 220 வோல்ட் மின் அழுத்தமுள்ள மின் கடத்துப் பகுதிகளை 1 மில்லி ஆம்ப்க்கு மேற்பட்ட மின்னோட்டம் உள்ளங்கை —— உள்ளங்கை அல்லது உள்ளங்கை —— காலடி பாதைகளின் மூலம் பாய்ந்தாலும் கடுமையான வலி விளைவதில்லை என்ற பொது கூற்றினையோடு முரண்பட்டன.

1936ல் பலவகைப்பட்ட விபத்துக்களைப் புலனாய்வின் போது [61] காயப்படுத்தும் மின்னோட்டங்கள் மற்றும் அழுத்தங்களில் பொதுவாக ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட மதிப்புக்களில் மிகுதியாக வேறுபடும் மதிப்புக்களைப் பெற்றோம். எங்களது கூற்றுக்களை ஆராய்ந்த நிபுணர் குழு அது சரியானதே என்று உறுதிப்படுத்தி அதை மேலும் பரிசிலனை செய்ய வேண்டுதலின் அவசியத்தைக் குறிப்பிட்டது. அந்த நிபுணர்களில் ஒருவரான புகழ் பெற்ற சோவியத் உடலியங்கியலாளர் லியான் ஆர்பெலி கூறினார்: "எவ்வளவு மெதுவாகவும் சிரமம் விளைவிப்பதாகவும் இருந்தாலும் குறைந்த மின்னோட்டம் விளைவிக்கும் காயங்கள் பற்றிய ஆய்வு, விலங்கு மேல் நடத்தப்பட்டு விவரங்கள் சேகரிக்கப்பட வேண்டும்". மின்னோட்டம் மனித உடலைக் கீழறை நார் உதறல் மூலம் இன்றி வேறுவிதமாக, அதாவது சுவாசத் தொகுதியின் மூலமாகப் பாதித்தால்

நோய் விளைவுகள் ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டம் மிகக் குறைவாக இருக்கலாம். 1957ல் [66] மற்றும் 1960ல் [68] இவ்வாசிரியர் புதிய விவரங்களை வெளியிட்டார். அவற்றில் ஏற்கெனவே நமக்கு மறுக்க முடியாத உண்மையாக ஆகிவிட்ட இந்தச் சர்ச்சைக்குரிய கருத்தை நியாயப்படுத்த போதுமான ஆதாரங்கள் தந்துள்ளார்.

ஆனபோதிலும் நமது வெளியீடுகளுக்குப் பின்னர் வெளியிடப் பட்ட இரண்டு கட்டுரைகளில் [29,204] ஆசிரியர்கள் நார் உதறல் மூலம் அல்லாது வேறு விதமாகக் காயம் விளையும் சாத்தியக் கூறுகளையும் சில மில்லி ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டத்தின் மூலம் காயங்கள் ஏற்படும் சாத்தியக் கூற்றையும் நிராகரித்தனர். அந்த மின்னோட்டத்திற்கும் விபத்தின் தீவிரத்திற்கும் உள்ள நேரடித் தொடர்பை மறுத்தனர். இந்தக் கருத்துக்கள் செயல் முறை சிபாரிசு களுக்கும் காரணமாயின (பி. கரியாக்கின் மற்றும் எஸ். விலாசசவ் [28].

முதல் பார்வையில் இந்த விவரங்கள் எல்லாம் நமது கோட்பாடு களுக்குச் சவாலாகத் தோன்றும். ஆனல் உண்மையில் அவ்வாறில்லை. இதை விளக்குவதற்கு நாம் மிகக் கடுமையான முறையை அதாவது கேப்பென் அவர்களின் வகைபாடுபடி ஓசிப்கா [130] அவர்களின் விவரங்களை ஆராய்வதை மேற்கொள்வோம். மின்னோட்ட மதிப் பிற்கும் விபத்தின் தீவிரத்திற்கும் உள்ள நேரடித் தொடர்பு மறுக்க முடியாதது என்ற கேப்பெனின் கருத்தை ஓசிப்கா நிரூபிக்க முனைகிறார். ஓசிப்கா விபத்து புலனாய்வின் விவரங்களையும் மனிதர்கள் மேலும் விலங்குகள் மேலும் ஒன்றாக நடத்திய சோதனைகளின் விவரங்களையும் ஒப்பிடுகிறார். ஆகவே நமது புலனாய்வு முறை அதிக அளவிற்கு இங்கு கையாளப்பட்டுள்ளது. 767 வீபத்துக்கள் ஆராயப்பட்டன. 134 IIம் பிரிவில் (25 மி. ஆ வரை) வந்தன, 264 IIம் பிரிவில் (25-80 மி. ஆ) வந்தன, 221 IIIம் பிரிவில் (80 மி. ஆ — 3 ஆ) வந்தன, 148 IVம் பிரிவில் (3 ஆம்பியர் அதற்கு மேல்) வந்தன. உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளின் எண்ணிக்கையை நிலை நிறுத்துவது கடினம். ஆனல் புத்தகத்திலிருந்து உயிரிழப்பு அல்லாத விபத்துக்களும் புலனாயப்பட்டன என்று தெரியவருகிறது. பாதிக்கப்பட்டவர்கள் கவனமான மருத்துவ பார்வையீடுகளுக்கும் சிகிச்சைகளுக்கும் உள்ளான மருத்துவ நிலையங்களில் இருந்து இந்த விவரங்கள் பெறப்பட்டன. மின் தொழிலில் உள்ளவர்கள் ஒரு தொகுதியாகப் பிரிக்கப்படா விட்டாலும் விபத்தின் சந்தர்ப்பங்கள் விவரிக்கப்படாவிட்டாலும் சந்தர்ப்ப சாட்சியங்களின்படி அதிகமாகப் பாதிக்கப்பட்டவர்கள் மின் பணியாளர்களே. அதிகமான விபத்துக்கள் 3 கிலோவோல்ட்டு அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட அழுத்தங்கள் உள்ள துணை மின் நிலையங்களில் நடந்தன. மாதிரி சோதனைகள் எதுவும் நடந்தப் படவில்லை. விபத்து சந்தர்ப்பங்கள் விபத்து அறிக்கைகளின் மூலமும் விபத்தோடு சம்பந்தப்பட்டவர்களை விசாரிப்பதன் மூலமும் நினைவு கூறப்பட்டன.

பி. ஓசிப்கா அவர்கள் அளித்த விவரங்கள் நமது கருத்துக்களுக்குப் புறம்பானவை அல்ல. மேலும் அவை நமது கருத்துக்களை உறுதிப் படுத்துகின்றன. பி. ஓசிப்கா 80 மி. ஆ மற்றும் 3 ஆ விற்கு மேற்பட்ட மின்னோட்டங்களில் உயிரிழப்பு நிகழாத விபத்துக்களைச் சுட்டிக் காட்டியுள்ளார். நாம் 7-8 ஆம் மின்னோட்டங்களில் உயிரிழப்பு விபத்துக்கள் நேரிடவில்லை என்று காட்டினோம். இது திரு ஓசிப்கா அவர்களது மற்றும் கேப்பென் அவர்களது கருத்தினை ஆதரிக்கும் பிற ஆசிரியர்களது கூற்றுக்களிலும் உள்ள முக்கிய முரண்பாட்டை வெளிக்கொணருகிறது. மின்னோட்டத்தின் அளவிற்கும் விபத்தின் விளைவிற்கும் தொடர்பு ஏதும் இல்லை. நேரடி எந்த வார்த்தை அழுத்தமாகக் குறிப்பிடப்பட வேண்டும். ஏனென்றால் மேலே கூறிய பொதுவான தொடர்பு மறுக்க முடியாதது. அதிக மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தும் மின் காயங்கள் அதிக அபாயமானதாக இருக்கலாம். உதாரணமாக வெப்பத்தால் விளைவதைக் கூறலாம். ஓசிப்கா அவர்கள் 25 மி. ஆ கீழுள்ள மின்னோட்டங்களில் விளைந்த காயங்களை வேறுபடுத்தவில்லை. ஆகையால் 1-5 மி. ஆ மின்னோட்டங்கள் கேடு விளைக்கின்றனவா என்றே பார்கக வேண்டியுள்ளது. அது அவ்வாறு செய்ததாகவே நாம் கொள்ளலாம். கீழ்க்காணும் உண்மை யை நாம் காண்போம். ஓசிப்கா மனித உடலின் மின் தடையின் மேல் எல்லை 20 கிலோ ஓம் என்று குறிப்பிட்டார். இந்த மதிப்பின் பாதியை நாம் எடுத்துக்கொண்டால் (காலணி உடைகள் ஆகியவற்றின் குறைந்த தடையினை விட்டுவிட்டு) ஓசிப்காவின் அறிக்கையில் கண்டதுபோல் 220 வோல்ட்டு மூலங்களில் விபத்துக்கள் நடந்ததாக எடுத்துக்கொண்டால் 5 மில்லி ஆம் எல்லைக்குள் மின்னோட்டங்கள் காணப்படுவது சாத்தியமே. இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் ஓசிப்காவின் ஆராய்ச்சியில் அடங்கவில்லை. இந்த மின்னோட்டம் மின் அதிர்ச்சிகளை விளைவிக்கிறது. சில நேரங்களில் எந்த மின் குறியையும் காட்டாமல் மரணத்தை விளைவிக்கிறது. இத்தகைய காயங்கள் வழக்கமாக மின் பணியாளர்களுக்கு ஏற்படுவதில்லை. உற்பத்தி சாதனங்களையும் நிலையான முலங்களையும் கையாளும் தொழிலகங்களில் இவை அரிதாகவே காணப்படுகின்றன.

கேப்பென் அவர்களும் ஓசிப்கா அவர்களும் பயன்படுத்திய அதே முறையைக் கையாண்டு நாங்கள் 35 ஆண்டுகளாகச் சில ஆயிரம் விபத்துக்களை ஆராய்ந்தோம். ஆனால் அந்த ஆசிரியர்களைப் போல் அல்லாமல் 223 உயிர் இழப்பு விபத்துக்களையும் 703 உயிர் இழப்பு அல்லாத விபத்துக்களையும் மாதிரி சோதனைகள் மூலம் ஆராய்ந்தோம். அத்தகைய விரிவான ஆய்வின் மூலமே அபாயம் விளைக்கும் மின்னோட்டங்களையும் உயர்ந்த பாதுகாப்பான மின் அழுத்தங்களையும் மற்றும் அதிக பாதுகாப்பான மின்னோட்டங்களையும் தாழ்ந்த அபாயமான அழுத்தங்களையும் வெளியிட முடிந்தது. அது காயத்தின் நுட்பத்தைச் சரியாகப் புரிந்து கொள்ளுவதற்கு மிகவும் முக்கியமானது.

"சிறிய மின்னேட்டங்கள்" எனப்படுபவை சிறிது மில்லி ஆம்பியர்கள் அளவுள்ளவை. அவற்றின் விளைவுகள் பற்றி இப்பொழுது பார்ப்போம்.

எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்டங்களைச் சோதனை கொண்டு தீர்மானித்தல். முன்னர் கூறியவை ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்டங்களைத் தொடர்ந்த சோதனைகள் மூலம் நிர்ணயிக்க வேண்டியதை அவசியமாக்கின.

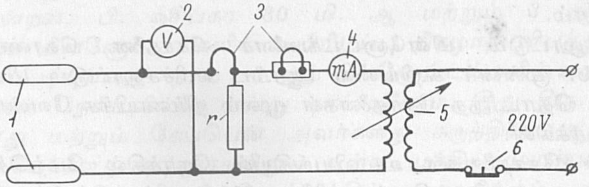
இந்தச் சோதனைகள் உடலியங்கியல் நோக்கில் மேற்கொள்ளப்படவில்லை. உடலியங்கியல் விளைவுகள் எரிச்சலூட்டும் அளவுக் குறியூட்டு எண்களைக் கணிக்கவே பயன்படுத்தப்பட்டன. ஒரு விலங்கின் எதிர் விளைவு ஆரம்ப எரிச்சலூட்டலால் மதிப்பிடப்பட்டு வெளி உறுப்புக்கள் சுருங்குதலாகவோ உயிரிழப்பாகவோ வெளியிடப்பட்டது. மனிதனைப் பொருத்த அளவில் மின்னேட்டத்திற்கு உயிர் உறுப்பியின் எதிர் விளைவு சோதனை நபர் கூறியபடி ஆரம்ப உணர்ச்சியூட்டல் ஆகும். நம்முடைய கருத்தில் இத்தகைய புலனாய்வு முறை சிக்கலான உடல் இயங்கியல், நோய் இயங்கியல் விளைவுகளை விட்டுவிட்டு, முதல் தோராயத்திற்கு மின்னேட்டத்திற்கு உயிர் உறுப்பியின் எதிர் விளைவுகளையும் அதன் அலகுகளையும் சுற்றுப்புற நிலைமைகளையும் அபாய காரணியை நிர்ணயிப்பதற்குத் தேவையான பிற விவரங்களையும் மதிப்பிட உதவுகிறது.

எரிச்சலூட்டும் மற்றும் காயப்படுத்தும் மின்னேட்டங்களுக்கு இடையிலான தொடர்புகளை வெளிக்கொணர முயன்ற விலங்குகள் பால் சோதனை நடத்திய பல ஆராய்ச்சியாளர்களும் இத்தகைய புலனாய்வு முறையை உறுதிப்படுத்தினர். உண்மையில் மனிதன்பால் மின்னேட்டத்தின் விளைவு தொடர்பான காரணிகளை மதிப்பிட இது ஒன்றே சரியான முறையாகும்.

வெளிப்பாதை வழியாகப் பாய்ந்து முதலாவதாக உயிர் உறுப்பியின் தெரியப்படக்கூடிய எதிர்விளைவை ஏற்படுத்தும் மின்னேட்டம் ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்டம் எனப்படும். இந்த மின்னேட்டத்தின் மதிப்பு மின் அழுத்தத்தை 0 விலிருந்து தொடர்ந்து உயர்த்துவதன் மூலமோ அல்லது மின்பாதையை ஒரு நிலையான அழுத்தத்தில் ஒரு மனிதனின் மூலமோ மிருகத்தின் மூலமோ அமைப்பதாலோ அடையலாம்.

பொதுவாகச் செயல்பாட்டின் இரண்டுவகைகளும் மின் பாதுகாப்பு நூல்களில் வேறுபடுத்தப்படுவதோ முரண்படுத்தப்படுவதோ இல்லை. சில சமயங்களில் இவ்விரு செயல்களும் உடலியங்கியல் வேறுவிதமாகக் கூறினும் மாருகவே கருதப்படவில்லை. ஆராய்ச்சியாளர்களால் இந்த அடிப்படையான முறைத்தவறு மீண்டும் மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. அவர்கள் சோதனை முடிவுகளை உண்மை விபத்து நிலைகளுக்குக் கொண்டு செல்லுகிருர்கள்.

அணுகுமுறையைப் பொருத்த வரையில் மனிதனின் மேல் மின்



பட்ம். 7-8. ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தை அளவிடுவதற்கான சோதனையமைப்பு பாதை

1- மின்வாய்; 2- வோல்ட்டு அளவி, 3- மின் காந்த வரை கருவியின் அசையும் பகுதி; 4- மில்லி அம்மீட்டர்; 5- சரி செய்யும் கருவி; 6- மின்னோட்டப்பாதை திறப்பான்.

னோட்ட விளைவினை புலனுய்வதற்குப் படிப்படியான அழுத்த மாற்றத்திலேயே எதிர்விளைவுகளைக் காண்பது பொருந்தும். அத்தகைய அணுகுமுறையை நிலையான நிலைமைகளில் மேற்கொள்ளும் ஆராய்ச்சி என்று கூறுவோம். அந்த நிகழ்ச்சியில் மின் அலகுகளை அளவிடும் முறை மிக எளிதானது. மனித உடலில் மின்னோட்ட விளைவுகளையும் ஆராயும் இரண்டாவது கட்டம் „அலைகளாக", மின் அழுத்தத்தைச் செலுத்தி உயிர் உறுப்பியின் எதிர் விளைவைக் கணக்கிடுவதாகும். இந்த முறை நிலையற்ற நிலைமைகளில் நடத்தும் ஆராய்ச்சி என்று அழைக்கப்படும்.

நாம் நிலையான நிலைமைகளில் மனிதனின் மேல் ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்ட விளைவுகள் பற்றி ஆராயத் துவங்கினோம். சோதனைகளுக்கான மின் அமைப்பு படம் 7-8ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. அளவீடுகளைத் துவக்கச் சோதனை நபர் ஒரு மேஜையின் மேல் அமர்த்தப்பட்டார்; அவரது முதுகு ஆராய்ச்சியாளருக்குப் பின்னால் இருந்தது. 3 செண்டிமீட்டா விட்டமும் 12 செண்டிமீட்டர் நீளமும் உள்ள உருளை மின் வாயை ஒவ்வொரு கையிலும் பிடித்து இருந்தார். மின் வாய்க்கும் கையினிற்கும் உள்ள தொடு பரப்பை மாற்றும் பொருட்டு மின் வாயின் பரப்பில் ஒரு பகுதி இளகும் ரசினால் காப்பீடு செய்யப்பட்டிருந்தது. சோதனை நபர் தயார் என்று சொன்னவுடனேயே அமைப்பு மின் வழங்கும் மூலத்தில் இணைக்கப்பட்டது; மின் அழுத்தம் படிப்படியாக அதிகரிக்கப்பட்டது. சோதனை நபர் முதல் உணர்ச்சியைப் பெற்றவுடனேயே சரி என்று சொன்னார். பிறகு மின் அழுத்தம் படிப்படியாகக் குறைக்கப்பட்டது. பார்வையீடுகளின் போது அபாயமான மின்னோட்டத்தைத் தவிர்க்கவும் தாண்டிச் செல்லும் மின் அழுத்தத்தைத் தவிர்க்கவும் எச்சரிப்பு நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

சோதனை விவரங்கள் பதிவு செய்யப்படுவதற்கும் முன்னர் சோதனை நபர் மின்னோட்டத்திற்கும் சுற்றுப்புற விளைவுகளுக்கும் தயார் செய்து கொள்ளுவதற்காக ஆரம்பச் சோதனை நடத்தப்பட்டது. பார்வை

யீடுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை நான்கு மாதங்களில் 282 மனிதர்களுக்கு 3,000க்கு மேலாகும். குறிப்பிட்ட தொடர்புகளைச் சோதனை செய்வதற்காக நிலையான எதிர் விளைவு கொண்ட சோதனை நபர்கள் தெரிந்தெடுக்கப்பட்டார்கள். அப்படிப்பட்ட ஒரு நபரிடம் நான்கு மாதங்களில் ஒரே நிலைகளில் 23 சோதனைகள் செய்தபோது எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டம் 1-2 சதவிகிதத்தில் மட்டும் மாறுபட்டது. வேறு நபர்களிடம் அந்த வேறுபாடு 10 முதல் 15 சதவிகிதம் வரை இருந்தது.

ஜி. டால்ஜியல் [154] அவர்கள் சேகரித்த எரிச்சலூட்டும் வலிப்பு ஏற்படுத்தும் ஆரம்ப மின்னோட்டங்கள் பற்றிய தடயங்கள் நமது வேலையைச் சுலபமாக்கியது. பி. ஓசிப்கா [204] அவர்களாலும் ஆரம்ப மின்னோட்டத்தை அளப்பதற்கு அதேபோன்ற முறை மேற்கொள்ளப்பட்டது. நமது அளவீடுகள் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்ட அளவு மின்னோட்டத்தின் விதத்தைப் பொறுத்தது என்று காட்டுகின்றன. உள்ளங்கைகளில் பிடிக்கப்பட்ட மின் முனையின் பரப்பு 60 சதுர சென்டிமீட்டர், ஆனால் மாறு மின்னோட்டத்தில் எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் அளவு 1.9 மி.ஆ ஆகும். நேர் மின்னோட்டத்தில் 3.15 மி.ஆ ஆகும். ஜி. டால்ஜியல் மற்றும் இதர ஆசிரியர்கள் இதே அளவுகளையே குறிப்பிடுகிறார்கள்.

ஆகவே பல நாடுகளில் பல ஆராய்ச்சியாளர்களால் பல முறைகளைக் கொண்டு எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டம் 1-5 மி.ஆ என்று கணக்கிட்டது நிலை ஆகிறது. ஆகவே இந்த மதிப்பு எந்த எதிர்ப்புக்களையும் விளைக்கவில்லை.

நமது விவரங்களை ஓசிப்கா [204] அவர்களின் தடயங்களோடு ஒப்பிடுவோம். ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு 50 சுற்றுக்கள்/நொடி அலைவெண்ணில் நமது கணிப்பின்படி 1.9 மி.ஆ; ஓசிப்கா அவர்களின் கணிப்பின்படி 1.7 மி.ஆ இதைப் பொருத்தவரையில் இருவரது பார்வையீடுகளும் ஒன்றுபடுகின்றன. நேர் மின்னோட்டத்தைப் பொருத்த அளவில் வேறுபாடு அதிகமாகிறது: நமது சராசரி 5.3 மி.ஆ, ஓசிப்கா அவர்களது விவரம் 8 மி.ஆ பல சந்தர்ப்பங்களைக் கருத்தில் கொண்டால் இந்த வேறுபாடு பெரிதல்ல.

இங்கு முக்கியமான விவரமானது எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டங்களே நமது சோதனைகளில் கண்டபடி அதிக அளவு உயிரிழப்புக்களையும் ஏற்படுத்தியுள்ளன. இது ஒன்றும் ஆச்சரியமில்லை. ஏனென்றால் பத்தி 7-1ல் கூறியபடி ஒரு மனிதனுக்குச் சாதாரண நிலைகளில் பாதுகாப்பான மின்னோட்டம் மோசமான நிலைகளில் உயிரிழப்பை ஏற்படுத்துகிறது. இத்தகைய நிலைகள் மின்பாதை மனித உடலின் பலவீனமான பகுதிகள் மூலம் அமைக்கப்பட்டாலோ, பாதிக்கப்பட்டவர் போதுமான அளவு விழிப்போடு இல்லாவிட்டாலோ, மோசமான சுற்றுப்புற நிலைகள் அமைந்திருந்தாலோ அல்லது இந்த எல்லா நிலைமைகளும் சேர்ந்திருந்தாலோ, கடைசியாக இதுவரை

வெளிப்படாத சந்தர்ப்பங்கள் நேரிட்டாலோ நிகழக் கூடும். வேறு வகையான மின் காயங்களும் உள்ளன. எரிச்சலூட்டும் மதிப்பைத் தாண்டி நார் உதறல் விளக்கும் மதிப்புள்ள மின்னோட்டங்கள்கூட உயிரிழப்பை ஏற்படுத்தாத வகைகளே இவை.

விடுகை மின்னோட்டம். விடுகை மின்னோட்டம் என்று சொல்லப்படுவது பற்றி சுருக்கமாக விளக்கப்பட வேண்டும். ஜி. டால்ஜியல் [96] 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் இயங்கும் மூலங்களில் நார் உதறல் விளக்கும் மின்னோட்டங்களைப் போல் சில மடங்குகள் குறைவானவை விபத்துக்களை ஏற்படுத்தியதாகக் கண்டுள்ளார். அத்தகைய மூலங்களில் பாதுகாப்பு முறைகளை மதிப்பிடுவதற்கு ஒரு அடிப்படை மின்னோட்டம் காணப்பட வேண்டும் என்று கூறினர். இது ஒரு மனிதன் மின்சாரம் பாய்ந்த பகுதியை தானாக விட்டுவிடக்கூடிய மின்னோட்டமாகும்.

இதே கருத்து ஆ.கிசிலவ், ஆர். கரியாக்கின் மற்றோரும் கொண்டுள்ளனர். போடியர் [28, 30, 191, 192] பாதுகாப்பு சாதனங்களின் இயக்க நேரத்தையொட்டி இந்த மின்னோட்டம் குறிப்பிடப்பட வேண்டும் என்றார். பாதுகாப்பு சாதனம் மின்பாதையை 30 நொடிகளுக்குள் துண்டித்து விட்டால் இந்த மின்னோட்டம் 100 மில்லி ஆம் ஆகும். அது 30 நொடிகளுக்குள் மேலிருந்தால் அது 10 மில்லி ஆம் ஆகும். முதலாம் நிகழ்ச்சியில் அது நார் உதறல் விளக்கும் மின்னோட்டமாக அமைகிறது. பிற்பட்ட நிகழ்ச்சியில் அது விடுகை மின்னோட்டமாக அமைகிறது.

பல மக்களின் மேல் நடத்திய விரிவான பார்வையீடுகளின் பேரில் ஜி. டால்ஜியல் 99.5 சதவிகிதம் ஆண்களுக்கு அதிகபட்ச விடுகை மின்னோட்டம் 9 மி. ஆ, பெண்களுக்கு அது 6 மி. ஆ என்று நிலை நாட்டினர். நமது விவரங்கள் ஆண்களுக்கு அது 11-12 மி. ஆ என்றும் பெண்களுக்கு 7-8 மி. ஆ என்றும் கூறுகின்றன. அதன் வெளி எல்லைகள் (extreme limits) ஆண்களுக்கு 3 - 18 மி. ஆ, பெண்களுக்கு 2 - 10 மி. ஆ ஆகும். நமது மதிப்பீடுகள் ஜி. டால்ஜியல் அவர்களது மதிப்பீடுகளையும்விட ஓரளவு அதிகமானவை. எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தைப் பொருத்த அளவில் நமது மதிப்பீடுகள் டால்ஜியல் அவர்களது மதிப்பீடுகளை விட 25-30 சதம் குறைவாகும்.

பி. ஓசிப்கா அவர்களால் விடுகை மின்னோட்டத்தை நிர்ணயிப்பதற்குப் போதுமான கவனம் செலுத்தப்பட்டது. அவர் சில சோதனை நபர்கள் தொழில் அலைவெண் மாறு மின்னோட்டத்தில் 30 மி. ஆ வரையிலும் மற்றும் நேர் மின்னோட்டத்தில் 60 மி. ஆ யைத் தாண்டியும் தீய விளைவுகள் இல்லாமல் தாங்க முடிகிறது என்று கூறினர். இந்த விவரங்கள் ஆச்சரியம் விளைப்பன அல்ல. மற்றும் நமது தடயங்களுக்கும் முடிவுகளுக்கும் முரணானவையும் அல்ல. இவ்வாசிரியர் சோதனைகள் மூலம் மின்னோட்ட விளைவுகளை ஆயும்போது இதுபோன்ற முடிவுகளைப் பெற்றார். விடுகை மின்

னேட்டம் கீழ்க்காணுமாறு விளக்கப்பட முடியும். சோதனைகளின் போது சோதனை நபருடைய நரம்புத் தொகுதி அழுத்தத்திற்குள்ளா கிறது. ஏனென்றால் அவர் அதிக அளவு மின்னேட்டத்தின் அபாயங்கள் பற்றி அறிந்துள்ளார். அத்தகைய நிலை பாதிக்கப்பட்டவருடைய நரம்பு மண்டலத்தின் எத்தகைய நிலைகளிலும் நடக்கக்கூடிய மின் விபத்தின் உண்மை நிலைகளோடு ஒன்றுனதல்ல. சோதனை பெருச்சாளி களின் நரம்பு மண்டலங்களும் அதிக அழுத்தத்திற்கு ஆளானவை யே.பி. ஓசிப்கா அவர்கள் செய்த சோதனைகளின் போது இம் மிருகங்கள் இடுப்புக் கச்சையினுல் தொங்கவிடப்பட்டிருந் தன. கால்கள் உறுதியாக இணைக்கப்பட்டிருந்தன.

மாற்றக்கால அலைகள் (transients). பாய்ஸ்-ரெயிமாண்ட அவர் களது விதிப்படி உயிர் திசுக்களின் செயல்பாடு ஒரு தூண்டியின் (மின்னேட்டம்) தீவிரத்தை மட்டுமல்லாது குறிப்பிட்ட நேரத்தில் அந்த தீவிரத்தின் மாறுதலையே அதிகம் பொருத்து இருக்கிறது. ஆகவே மின்னேட்டம்/நேரம் வாய்பாடுகளை ஆராய்வது பயன ளிக்கும். தான் தூண்டும் தடைகளைத் தொடர்ந்து இணைத்து மனித உடல் மேல் மாற்றக்கால அலைகள் பற்றி நடத்திய ஆராய்ச்சிதான் தூண்டு பண்புகள் இல்லாத பாதைகளில் பெற்ற எரிச்சலூட்டும் மின்னேட்ட மதிப்புக்களுக்குமிடையே வேறுபாட்டினைக் காட்டியது. ஆகவே முடிவான விளைவு பாதையின் மாருத நேர எண்ணையும் அதனுல் பாதையில் உள்ள தூண்டலின் எதிர் வினைப்பின் மதிப்பையும் பொருத்துள்ளது.

விலங்குகள்மேல் நடத்திய சோதனைகள் மூலம் நிலையில்லாத மாறு மின்னேட்டத்தின் நிலையற்ற நிலை சரி பார்க்கப்பட்டது. கருவிகளில் இணைப்பு வரைபடம் மாறுபடவில்லை. ஆனுல் மின் வாய்கள் விலங்கின் (பூனை) வெளிப்பகுதிகளில் வைக்கப்பட்டன. மின் அழுத்தம் படிப்படியாக உயர்த்தப்பட்டது. அது 40-80 வோல்ட்டு அடைந்தபோது விலங்கு எதிர்விளைவைக் காட்டியது ஆனுல் மின் அழுத்தம் உயர்த்தப்பட்டபோது அதே எதிர்விளைவு குறைவான அழுத்தத்திலேயே காணப்பட்டது.

மின் அழுத்த விகிதமானது பல காரணிகளைப் பொருத்தது. முக்கியமானது தூண்டல் எதிர்வினைப்பின் மதிப்பேயாகும் (inductance value). கொஞ்சம் கொஞ்சமாக அதிகரிக்கப்பட்ட மின் அழுத்தம் கெடுதலான பின் விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதில்லை. சோதனைகள் 111 விலங்குகளின் மேல் நடத்தப்பட்டன. முடிவுகளை நம்பகமாக ஆக்கு வதற்கு மீண்டும் நடத்தப்பட்டன.

இதே விளைவுகள்தான் ஆ. உக்டோம்ஸ்கீ மற்றும் என். வெடன்ஸ்கீ அவர்களாலும் வெளிப்படுத்தப்பட்டு வருணிக்கப்பட்டன. ஆனுல் அவை வேறுபட்ட வழியிலும் வேறுபட்ட சந்தர்ப்பங்களிலும் நிகழ்ந்தன. ஆனுல் இந்நிகழ்ச்சி தொழில் நுட்ப ஏடுகளில் குறிப்பிடப் பட்டதில்லை. பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளை மேம்படுத்துவதற்குக் கருதப்பட்டதில்லை.

விலங்குகளில் உயிரிழப்பை விளைவிக்கும் தற்காலிக அழுத்தங்களின் உயர்ந்த பட்ச மதிப்புக்களையும் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக அதிகரிக்கும்பொழுது அதே விளைவை ஏற்படுத்தும் உச்ச மதிப்பையும் (crest value) ஒப்பிடும்பொழுது இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று அருகிலிருப்பதைக் காண்கிறோம். இந்த ஒற்றுமை மாற்றக்கால அலை 10^{-2} — 10^{-3} நொடிகளுக்கு மேல் தொடரும் போது நேரிடுகிறது. மாற்றக்கால நேரம் குறையக்குறைய நோய் விளைவை ஏற்படுத்தும் உச்ச அழுத்தம் அதிகமாக வேண்டும். மாறுபாடாக தற்காலிக நேரம் அதிகரித்தால் உச்ச அழுத்தம் குறைவானதேயாகும்.

தாழ்ந்த அழுத்தங்களில் விலங்குகள் மேல் சோதனைகள் வாயிலாகவும் மதிப்பீடுகள் வாயிலாகவும் கண்டுவரைந்த மாற்றக்கால அலை வளைக்கோடுகள் போதுமான அளவு ஒன்றுபட்டு இருந்தன. அதிக அழுத்தங்களில் (நிலையான நிலைமைகளில்) 150 வோல்டிற்கு மேல் மின்னோட்டத்திற்கும் மாற்றக்கால் நேரத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு சோதனை விவரங்களிலும் மதிப்பீடு விவரங்களிலும் வேறுபட்டு காணப்பட்டது.

திசுக்களில் சில இடங்கள் பலத்தின் செறிவு உருவாகிச் சிதைவு போன்ற விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதாக நாம் கொள்ளலாம். இந்த விளைவுகள் உயிர் உறுப்பிக்கு மிகவும் ஆபத்தானவை. உண்மை விவரங்களால் இது சரியாகக் காணப்பட்டது.

வெளிப்பாதையில் மின்னோட்டத்தையும் அழுத்தத்தையும் மாற்றுவதன் மூலம் மாற்றக்கால அலைகள் பார்வையிடப்பட்டன. மனித உடலில் இந்தத் தற்காலிகத்திகள் நேரடியாக ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் மிக சிக்கலானவை. நமது இன்றைய அறிவு நிலையில் மாற்றக்கால அலையின் விளைவுகளை வெளிப்படுத்துதல் மிக முக்கியமானது. மாற்றக்கால அலையின் விளைவுகள் விபத்தின் விளைவைப் பாதிக்கக்கூடிய முக்கியமான உடல் இயல் காரணங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன என்று காணப்பட்டுள்ளது.

மாற்றக்கால அலைகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி மனிதனுக்கு அபாயம் விளைக்கக்கூடிய மின்னோட்டம் செயல்படும் நேரத்தை ஓரளவிற்கு மதிப்பிடுவதற்குத் துணைபுரிகிறது. இவ்விளைவு இதற்குப் பின்னால் விவாதிக்கப்படும். தற்போது மதிப்பீடு செய்த விவரங்களையும் சோதனை விவரங்களையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தது மின்னோட்ட விளைவுகளைப் புலனாய்வது இவ்வாசிரியர் கூறியபடி ஒரு ஒப்பு மின் பாதையைப் (circuit equivalent) பயன்படுத்துவதால் இயலும் என்று உறுதிப்படுத்துகிறது. பத்தி 6-7ல் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட கருத்துக்கள் மின் பாதுகாப்பு பிரசினையைத் தீர்க்க உதவும். மின் காயத்தின் உயிர் உடல் இயல் ஆய்வுகளைப் பொறுத்தவரை நேரற்றத் தொடர்புகளை நிர்ணயித்தலும் ஒப்பு மின்பாதை மேம்படுத்தலும் முக்கிய தேவைகளாம்.

மின் தொடர் விபத்துக்களின் புலனுய்வு உடலின் மேல் மின் தொடருக்கும் (5-5) விபத்துக்களின் விளைவுகளுக்கும் உள்ள தொடர்பினைக் காட்டுகிறது.

சமீப காலங்களில் மின்னோட்டப் பாதையின் பங்கு வலியுறுத் தப்படுகிறது. ஆ. குச்னட்சோவ் [37], கேப்மென் [116], டால்ஜியல் [96], கைவன்கோவன் [117] மற்றும் பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் 50 மி. ஆ மின்னோட்டத்தில் உயிரிழப்புகள் ஏற்படுவது முக்கியமான உறுப்புக்கள் மூலம் குறிப்பாக இதயத்தின் மூலம் மின்சாரம் பாய் வதாலே என்று நிர்ணயித்தார்கள். என். விக்டோர்ஜிக் [17] அபாய அலகுகள் தொடர்ந்து குறைவதையொட்டி உடலில் மின்னோட்டப் பாதைகளை வகுப்படுத்தினர். ஜி. ஃபிரெங்கல் அவர்களால் இந்தப் பாதை சோதனைக் காயங்களில் கொண்டுள்ள பங்கு பற்றி விவரங் களைக் கொடுத்தார். கவ்வன்கோவன், டால்ஜியல் மற்றும் சில அமெரிக்க ஆசிரியர்கள் மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளை ஒரு கையோ அல்லது காலோ அல்லது மற்ற உறுப்போ தொடுவதனல் மின் னோட்டம் மூளை அல்லது இதயம் போன்ற முக்கிய உறுப்புக்கள் மூலம் பாய்ந்தால் ஒழிய மரணம் ஏற்படுவதில்லை என்று கூறினார்கள்.

அதே நேரத்தில் எஸ். ஜெல்லினெக் ஒரு விரலின் பக்கவாட்டில் மின்னோட்டம் பாய்ந்ததால் உயிரிழப்பு ஏற்படுத்திய நிகழ்ச்சிகளைக் கூறியிருக்கிறார் [25]

உடலில் மின் வாய்கள் அமைகின்ற இடங்கள் (மின் காயங் களையொட்டி சோதனைகள் நடத்தும்பொழுது) விபத்துக்களின் போது மின்சாரம் பாயும் பாகங்களைத் தொடும் பரப்புக்கள் மின் காயத்தின் விளைவில் முக்கிய பங்கு ஆற்றுகின்றன என்று சந்தேகத்திற்கு இடமின்றி நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. 300 உயிரிழப்புக்களையும் 1,300 மின் அதிர்ச்சிகளையும் ஆய்ந்து பெற்ற தடயங்கள் கொண்ட அட் டவணை 7-5 இதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

இந்த அட்டவணை ஆசிரியரின் பார்வையீடுகளில் இருந்தும் விபத்து ஆவணங்களில் கண்ட விவரங்களில் இருந்தும் தயாரிக்கப் பட்டுள்ளது.

தோன்றுவது போலவே பெருமளவு நிகழ்ச்சிகளில் மின்னோட்டப் பாதை உள்ளங்கை-கால் அல்லது உள்ளங்கை-உள்ளங்கை என்ற பாதையில் அமைக்கப்படுகிறது. இது அட்டவணையின் கடைசி காலத்தின் மூலம் வெளியாகிறது. மின் அதிர்ச்சிகளின் 55 சதவிகிதம் இந்தப் பாதைகளில்தான் ஏற்பட்டது. இது எதிர்பார்க்கக்கூடியது. ஏனென்றல் உள்ளங்கைகளால் தொடுவதே அதிகம் நிகழ்கிறது.

இதற்கு முரணுக நடு காலத்தில் உள்ள விவரங்கள் எதிர்பாரா தவை. இதன் மூலம் 72 சதவிகிதம் உயிரிழப்புக்களில் மின்னோட்டம் இந்த முக்கிய பாதைகள் மூலம் செல்வதில்லை என்று தெளிவுபடுத்து கிறது.

இந்த அட்டவணையை ஆய்வது முன்னங்கையின் முற்பகுதியின் மூலம் செல்லும் மின் பாதை மிகவும் அபாயகரமானது என்று

அட்டவணை 7-5

மனித உடலின் மேல் மின்னோட்டப்பாதை
(மொத்த விபத்துக்களின் சதவிகிதமாக)

மின்னோட்டப்பாதை	உயிரிழப்பின் சதவிகிதம்	மின் அதிர்ச்சியின் சதவிகிதம்
உள்ளங்கை-கையின் வெளிப்பகுதி அல்லது தோல்	28	10
கையில் வெளிப்பகுதி அல்லது தோல்-கால்கள்	25	11
உள்ளங்கை அல்து உள்ளங்கைகள்-கால்கள்	17	29
உள்ளங்கை - உள்ளங்கை	11	26
கழுத்து, முதுகு அல்லது வயிறு-பாதங்கள்	5	2
முகம் அல்லது நெஞ்சு-பாதங்கள்	8	6
ஒரு கையில் அல்லது காலில் ஒரு இடத்திலிருந்து மறு இடம்	1	14
பிற வகையானவை	5	2
மொத்தம்	100	100

புலப்படுத்துகிறது. ஏனென்றால் இந்தப் பகுதிதான் மனித உடலில் மின்சாரத்திற்கு மிகவும் பலவீனமான நிலையில் உள்ளது. அட்டவணையில் உள்ள விவரங்களைக் கொண்டு அபாயமானது, மின்னோட்டம் இதயத்தின் மூலம் செல்லுகிறதா என்பதைப் பொறுத்து இல்லாமல் எந்தப் பகுதி மின்சாரம் பாயும் பாகங்களோடு தீண்ட நேரிடுகிறது என்பதையும் அந்தப் பகுதியில் நரம்பு இழைகளின் அடர்த்தியையும் பொறுத்தது. இந்த முடிவு அதே அட்டவணையில் உள்ள பிற விவரங்களாலும் உறுதிப்படுத்தப்படுகிறது. உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளில் ஒரு சதவிகிதம் மின்சாரம் பாயும் பாகம் ஒரு கையிலோ அல்லது ஒரு காலிலோ இரண்டு இடங்களைத் தொடுவதால் நேரிட்டுள்ளது. தற்போது வரை பல ஆசிரியர்கள் இத்தகைய தீண்டுதல்களால் உயிரிழப்பு காயங்கள் நேரிடுவதை மறுத்து வந்தார்கள். இத்தகைய நிகழ்ச்சிகளில் மனிதன் மின் அதிர்ச்சியின் உணர்ச்சியோடு தப்பி விடுவதாகக் கருத்து நிலவியது. ஆகவே மின் பாதை கை அல்லது கால் மூலம் மூடப்படுகின்றபொழுது அத்தகைய விபத்துக்களை அதிக விவரங்களைத் தேடி ஆசிரியர் ஆராய்ந்தார்.

ஆய்வுகளின் போது உடலின் இதரப் பகுதிகள் மூலம் மின் பாதை மூடப்பட்டிருக்கும் சாத்தியக் கூறினை ஆசிரியர் நன்கு கருதினர். விவாதத்தில் இருக்கும் விபத்துக்களின் பிரிவு வெளிப்

பட மின் காயங்களையே குறிப்பிடுகிறது. உதாரணமாக ஒரு பெண் மின்பணியாளர் ஒரு திருப்புளி உதவி கொண்டு இயக்கத்தி லுள்ள உணர்த்தி (relay) ஒன்றைச் சரி செய்தார். அந்த உணர்த்தி ஒரு நெகிழி உறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அந்தத் தொழிற் சாலையில் பார்க்கட் தரை அமைப்பு இருந்தது. அவர் மின்சாரத்தைத் தீண்டியது விரல்கள் மற்றும் கையின் வெளிப் பகுதி மூலம் ஏற்பட்டது. இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் தேர்தல் நிலையத்தில் தொலைகாட் சிப் பெட்டியை சரி செய்யும்பொழுதும் 380 வோல்ட்டு மின் வழங்கு தொகுதியில் எரி இழைகளைப் (fuses) புதுப்பிக்கும் போதும் நேரிட்டன. உயிரிழப்பை விளைத்த இதேபோன்ற மின் காயம் ஒரு ஜெர்மன் ஆசிரியரராலும் வருணிக்கப்பட்டது.

படம். 7-9. உயிரிழப்பு விபத்தின் மாதிரி சோதனை

படம் 7-9 ஒரு தூக்கு பொறியின் பெண் இயக்குவோருக்கு ஏற்பட்ட மின் காயத்தின் மாதிரியைக் காட்டுகிறது. அறையை விட்டுச் செல்லும் பொழுது டிராலி இடத்தை (trolley site) அடையும் பொழுது அவர் ஒரு கம்பியைத் தொட்டு மரணம் அடைந்தார். இந்நிகழ்ச்சி இரண்டு நேரடி சாட்சியங்களால் விளக்கப்பட்டது. அவர்களது சாட்சியங்கள் மூலமும் புலனாய்வு விவரங்கள் மூலம் மின் பாதை பாதத்திற்கும் அதே காலின் கணுக்காலுக்கும் இடையே முற்றுப் பெற்றிருக்கும் என்று தெரிய வருகிறது.

மின் பாதை தலை, நெஞ்சு, வயிறு போன்ற மிக அபாயமாகக் கருதப்பட்ட பாதைகளின் மூலம் செல்லும்பொழுது ஏற்பட்ட உயிரி ழப்பு விபத்துக்கள் பொதுவாக மின் விபத்துக்களால் ஏற்பட்ட உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளுக்கு இரண்டு பங்கிற்கு குறைவாகும்.

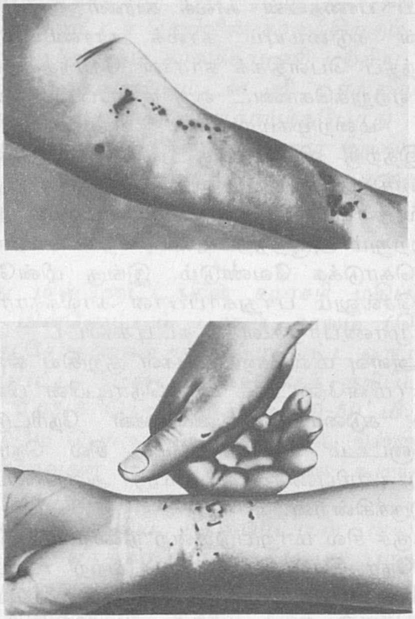
ஆகவே மின்பாதை அமைகின்ற இடம் காயத்தின் விளைவிற்குக் காரணமாகும் என்று கூறலாம்.

மனித உடலில் மின் உணர்ச்சி மிக்க (பலவீனமான) பகுதிகள். மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளோடு தீண்டும்போது மின்னோட்டத்திற்கு மிகவும் பலவீனமான பகுதிகள்: உள்ளங்கையின் வெளிப்புறம்,

படம். 7-10. பலவீனமான இடங்களின் மூலம் விளைந்த மின் காயங்கள்

முன்னங்கை, கழுத்து, நெற்றிப் பொட்டு, முதுகு, காலின் முன்பகுதி மற்றும் தோல் ஆகும். படங்கள் 7-10, 7-11 அத்தகைய இடங்களில் ஏற்படும் குறிப்பிடத்தக்க மின் குறிகளைக் காட்டுகின்றன. பலவீனமான இடங்களில் மூலம் மின் பாதை அமைவது மிகக் குறைந்த மின்னோட்டங்களிலும் அழுத்தங்களிலும் உயிரிழப்பை ஏற்படுத்துகிறது.

காயப்படுத்தும் மின்னோட்டங்களை நியமப்படுத்தல். மின் பாதுகாப்பு முறைகளைக் குறிப்பிடும்பொழுது 100 மி. ஆ. மற்றும் மேற்பட்ட மின்னோட்டங்களும் மட்டுமே அபாயமானதாகக் கருதப்பட வேண்டும் என்று கூறும் நிபுணர்கள் அதற்குக் குறைந்த அபாயத்தின் காரணியைக் குறிப்பிடுவது பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளின் செலவை மிக அதிகரிக்கும் என்ற கருத்தைக் கொண்டுள்ளார்கள். அது போன்றே ஆர். காரியாக்கின் மற்றும் எஸ். விலாஸாவ் [Y'] 0.5 மொத்த மின் தடையையொட்டி அமைந்த நில இணைப்பு நியமங்களை எதிர்த்தார்கள். முறைகளை நார் உதறல் எல்லைகளுக்குள் உட்பட்ட மதிப்புள்ள மின்னோட்டம் நிலத்தில் பாய்வது (current to earth) மின்காப்புப் பொருளில் மோசமான சிதைவினால்தான். மேலும் அவ்வாசிரியர்கள் அவர்களது சிபாரிசுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டால் எவ்வளவு சிக்கனமாக இருக்கும் என்று குறிப்பிடவில்லை. இது சரியல்ல. 30 அல்லது 40 ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் இந்த யோசனை சரியானதாக இருக்கலாம். தற்போது விஷயங்கள் மிகவும் மாறிவிட்டன; மின்காப்புப் பொருள்களின் நியமங்கள் மிகவும் கடுமையாகி விட்டன; ஈரத்திற்கும் மற்றும் சுற்றுப்புற விளைவுகளுக்கும் அதிக எதிர்ப்பு காட்டும், மின்னோட்டம் மைக்ரோ ஆம்பியர்கள் அளவைத் தாண்டாத தடையைக் கொடுக்கும் புது மின்காப்புப் பொருள்கள் பயனுக்கு வந்துள்ளன.



படம்.7-11. கையில் பலவீனமான இடங்கள் மூலம் மின்காயம் ஏற்படுவது

பாதுகாப்பு மின் துண்டிப்பின் பொருட்டும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப் படுத்துவது தேவையாகிறது. இந்தப் பாதுகாப்பினை 100 மி.ஆ.விற்குக் குறைந்த மின்னோட்டங்களில் இயக்குவதற்கான தேவைகள் கடினமாகத் தோன்றவில்லை.

எல்லாச் சமயங்களிலும் எல்லா மோசமான காரணிகளும் ஒரே நேரத்திலே பங்கேற்கும்போதும் பாதுகாப்பு மின்னோட்டத்தில் 8 முதல் 10 பங்குகள் குறை வாக இருக்க வேண்டும். அதாவது 0.1 மி.ஆ.விற்கு மேலே இருக்கக் கூடாது. 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள மின் மூலங்களின் சாதன காப்புத் தன்மையின் தேவைகளைக் குறிப்பிடும் பொழுது இதைத்தான் ஆதாரமாகக் குறிப்பிட வேண்டும். ஆனல் எல்லா மோசமான விளைவுகளும் ஒன்றுசேர்ந்து நிகழ்வது சாத்தியமில்லாததால் சில பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளுக்கு ஒரு மி.ஆ. மின் னோட்டத்தை (எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டம்) பயன்படுத்தலாம். மின்சார அமைப்புக்களில் வேலை செய்யும் திறனுள்ள மின் பணியாளர்களுக்காக 10 மி.ஆ. மின்னோட்டத்தைப் பாதுகாப்பு மின்னோட்டமாக எடுத்துக்கொள்ள லாம். நார் உதறல் ஆரம்ப மின்னோட்டமான 100 மில்லி ஆம்பியர்கள் பாது காப்பு நடவடிக்கைகளை மதிப்பிடவோ வடிவமைக்கவோ ஏற்றுக் கொள்ளக் கூடியதல்ல. நார் உதறல் எனும் மின்காயம் குறிப்பாக 1000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள மின் வழங்கிகளில் அரிதானது. அதே நேரத்தில் இந்த மின் வழங்குமூலங்களுக்குத் தெளிவான நியமங்களும் முறைகளும் தேவையா கின்றன.

7-3 மின்னேட்டப் பாதையின் காலக் காரணி

மின்காயத்தின் கடுமையும் காலக் காரணியும். ஒரு உயிர்ப் பொருளோடு எந்தப் பௌதிகக் காரணி சேர்ந்த செயல்பாடு அந்த உயிர்ப்பொருள் ஏற்றுக்கொண்ட ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு திறனுடன் நேரடியாகவோ, மறைமுகமாகவோ தொடர்பு உடையதாகும். மின்னேட்டம் இதற்கு விதிவிலக்கு அல்ல. ஆகவேதான் பாதிக்கப் பட்டவரைப் பாதித்த அடிப்படை அலகுகளை ஆயும்பொழுதும் சில சமயங்களில் காய நுட்பத்தை முழுமையாக ஆயும்பொழுதும் மின்னேட்டம் மற்றும் அழுத்தத்தைவிட நேரக் காரணிக்குச் சமமான முக்கியத்துவம் கொடுக்க வேண்டும். இங்கு மின்னேட்டம் மனித உடலின் மேல் செல்லும் பாதுகாப்பான காலக்காரணியை மதிப்பி டுவது பற்றி முரண்பாடுகளைச் சுட்டிக்காட்ட வேண்டியுள்ளது. ஒருபுறம் சிறிய அளவு மின்னேட்டங்கள் குறுகிய காலத்தில் உடலில் பாயும்பொழுது (மின்னேட்டம் ஒரு நொடியின் பின்னங்களிலேயே பாய்ந்தபொழுது) கடுமையான விளைவுகள் நேரிட்டு இருக்கின்றன. மறுபுறம் மின்னேட்டம் உடலின் மேல் சில நொடிகளுக்கு மேல் பாய்ந்தபொழுது (எரிபுண்களைத் தவிர) அனுகூலமான விளைவுகள் காணப்பட்டு இருக்கின்றன.

வாசகர்களுக்குச் சில மாறுபடுகின்ற நிலைகளில் மின்னேட்டத்தின் பாதுகாப்பான நேர இடைவெளிகளைப் பற்றி உறுதியாகக் குறிப்பி டுகின்ற அளவிற்கு விவரங்கள் எங்களிடம் இல்லையென்று முன்னரே கூறிவிடுகிறோம். ஆகவேதான் காலக் காரணி அபாய நிகழ்ச்சிகளை விளைப்பதற்கு அதிகபட்ச அல்லது குறைந்தபட்ச சாத்தியக்கூறு எனும் கண்ணேட்டத்திலேயே கருதப்பட வேண்டும். ஆகவே ஆசிரியர் மனித உடலின் மேல் தவறான பின் விளைவுகளை ஏற்படுத்தாத மின்னேட்டம் பாயும் பாதுகாப்பான காலத்தை மதிப்பிடுதல் சம்பந்தப்பட்ட நிகழ்ச்சிகளின் பல பக்கங்களைச் சுருக்கமாகவேனும் வெளிக்கொணர விரும்புகிறார். முன்போலவே ஒரு வரலாற்றுப் பின்னணியுடன் இதைத் துவங்குவோம்.

150 ஆண்டுகளுக்கு முன்னல் அலெக்சாண்ட்ரோ வோல்ட்டா என்பவரால் மின்காயத்தின் தீவிரத்தின் மேல் காலத்தின் பங்கு காணப்பட்டது. ஆனல் அவரது பார்வையீடுகள் கவனிக்கப்படாமல் இருந்தன. டுபாய் ரெயிமாண்ணின் விதி (மின்னேட்டத்தின் விளைவு காலத்தின் மாறுதலால் நிர்ணயிக்கப்படுவது) உடலியங்கியலில் நெடுநாட்களாக நிலவி வந்தது. அந்த விதி அதி அலைவெண் மின்னேட்டங்களால் ஏற்படும் குறைந்த அபாயம் உட்பட பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளுக்கு விளக்கம் கொடுத்தமையால் பல்லாண்டுகளாக நிலவி வந்தது. காலக் காரணியின் ஆய்வில் திருப்பு முனை ஹார்வக் என்பவர் நடத்திய சிறிய ஆனல் கவனமான சோதனை ஆராய்ச்சியே ஆகும். அவர் ஒரு மனிதனுக்கு எரிச்சலூட்டும் அழுத்தத்தின் மதிப்பு அந்த விளைவின் காலத்தோடு மாறு விகிதப் பொருத்தம் உள்ளது என்று கூறினர்.

பாதுகாப்பு கால எல்லைகளை எண்ணால் நிர்ணயித்தல். காயத்தின் தீவிரத்திற்கும் மின்னோட்டச் செயலின் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு உலகமறிந்ததாக இருந்தாலும் காலக்காரணி பற்றிய எண் விவரங்கள் ஏடுகளில் அரிதாகவே காணப்பட்டன. ஜி. டால்ஜியல் கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்து விவரங்களை ஆராய்ந்தபோது 92.5 சதவிகித மக்கள் கீழறை நார் உதறல் பின் விளைவுகள் இல்லாது கீழ்க்காணும் வாய்பாட்டால் கண்டறியப்பட்ட மின்னோட்டத்தைத் தாங்கக்கூடும் என்ற முடிவிற்கு வந்தார் [96]:

$$I = \frac{0,165}{\sqrt{t}},$$

இங்கு I என்பது மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு (ஆம்பியர்) t என்பது மின்னோட்டம் பாயும் காலம் (நொடி).

0.165 என்பது சோதனைகள் மூலம் தரப்பட்ட ஒரு மாறுத எண்

மேலே கூறப்பட்ட சமன்பாடு விளக்கக் குறிப்புக்களில் காணப்படுவது போல் 0.03-3 நொடிகளுக்கும் 40-50 மி. ஆ. மின்னோட்டத்திற்கும் மட்டுமே பொருந்தும். மனிதனால் இன்னும் அதிக நேரம் கெட்ட பின் விளைவுகள் இல்லாது தாங்கக் கூடிய மின்னோட்டங்களுக்குப் பொருந்தாது.

முதலாவதாக மேல்கூறிய சமன்பாட்டின் மூலம் மின்னோட்ட அலகையொட்டியே பாதுகாப்பான அல்லது பாதுகாப்பற்ற கால எல்லைகள் அமைகின்றன என்ற ஜி. டால்ஜியல் அவர்களது கூற்றை நாம் ஒப்புக் கொள்கிறோம். ஆனால் இந்த சமன்பாடு பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளை மேற்கொள்ளப் பயன்படுத்தலாம் என்று சிபாரிசு செய்ய முடியாது. ஏனென்றால் டால்ஜியல் நிலையான திறன் மதிப்பு (constant energy value) என்று கூறிய மாறுத எண் மின் விபத்துக்களின் உண்மையான சந்தர்ப்பங்களோடு மாறுபட்ட நிலைகளில் நடத்தப்பட்ட சோதனைகள் மூலம் பெறப்பட்டது.

அவர்களது சமன்பாட்டின் மூலம் 100 மி. ஆ. மின்னோட்டமானது 2.7 நொடிகளுக்கு மேல் பாய்ந்தால்தான் (நார் உதறல் மூலம்) உயிருக்கு அபாயம் விளைவிக்கும். அப்படியானால் அந்த நேரம் 1 நொடியாக இருந்தால் ஒரு மனிதன் 165 மி. ஆ. வரை மின்னோட்டத்தைத் தாங்க முடியும். இந்த விவரங்கள் மின் விபத்துக்கள் பால் நமது பார்வையீடுகளிலிருந்தும் வேறு ஆராய்ச்சியாளர்கள் பெற்ற விவரங்களிலிருந்தும் மிகவும் மாறுபடுகின்றன. இந்த மாறுபாடு 100 மி. ஆ. வை அபாயம் விளைவிக்கும் ஆரம்ப மின்னோட்டமாகக் குறிப்பிடுவது சரியானதல்ல என்பதற்கு மேலும் ஒரு நிரூபணமாகும்.

மின்னோட்டம் உயிரிழப்பு விளைவை ஏற்படுத்த மனித உடல் மூலம் எவ்வளவு நேரம் பாய வேண்டும்?

அதிக அளவு விபத்துக்களைப் புலனாய்ந்தபோது மனித உடலின் மூலம் மின்னோட்டம் பாய வேண்டிய நேரம் சோதனை வாயிலாக முடிவு செய்யப்பட்டது. இது விபத்தை உண்டாக்கிய ஒரு மின்

பாதையை மாதிரிப்படுத்தியதின் மூலம் காணப்பட்டது. ஒரு மின் வரைவு கருவி (oscillograph) மின்னோட்டப் பாதையில் இணைக்கப்பட்டது. மின்சாரத்தைத் தொடுதல் மாதிரிபடுத்தப்பட்டது. 70 சதவிகித நிகழ்ச்சிகளில் மனித உடலின் மூலம் மின்னோட்டம் ஒரு நொடியின் பின்னங்களுக்கும் அதற்கும் கீழும் விளைவுகளைத் தோற்றுவித்தன. மின்னோட்டம் பாய்ந்த காலத்தை அறிந்தும் அபாயமான மின்னோட்டங்களின், அழுத்தங்களின் எல்லைகளை அறிந்தும் இந்த அல்லது வேறு மின் காயத்தை விளைக்கும் திறனின் மதிப்பை நாம் தோராயமாகக் கணக்கிட முடியும்.

மின்னோட்டப் பாதையில் பாதிக்கப்பட்டவர் நெடுநேரம் இருந்த 10 சதவிகித நிகழ்ச்சிகளைத் தள்ளிய பின்னர் மின்பாதையில் உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளில் பாதிக்கப்பட்டவர் அதிகபட்ச நேரம் ஒரு நொடிவரை இருந்ததாக எடுத்துக் கொண்டால் அந்த உயிரிழப்பு காயத்தை விளைத்த திறனை நாம் கணக்கிட முடியும். இந்தத் திறன் 0.1-0.5 ஜூல் (J) வரை வேறுபடுகிறது.

இந்தக் கணக்கீடுகளில் காயம் விளைக்கும் மின்னோட்டம் 5-15 மி. ஆ. வரையிலும் காயப்படுத்தும் அழுத்தம் 100-200 வோல்ட்டு வரையிலும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. பல நிகழ்ச்சிகளில் 7 அல்லது 8 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 6,000 வோல்ட்டு அழுத்தத்தில் பாதிக்கப்பட்டவரின் இறப்பை ஏற்படுத்தவில்லை. இந்நிகழ்ச்சிகளில் திறனானது (kw/h) அளவில் கணக்கிடப்படுகிறது.

தாழ்வான மின் ஓட்டங்களிலும் அழுத்தங்களிலும் மின் குறியையோ எரிபுண்ணையோ விளைக்கக்கூடிய திறன் பற்றி இவ்வாறு மதிப்பீடு செய்தால் காயத்தின் போது வெளியான வெப்பத்திறன் போதுமானதாகக் காணப்படாது. மின் குறியை அல்லது எரிபுண்ணை தோன்றுவது வெப்ப விளைவால் மட்டுமல்ல வேறு உடலியங்கியல் காரணங்களாலும் என்று நாம் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

ஜி. டால்ஜியல் அவர்கள் செய்த தவறு ஒரே ஒரு செயல்பாட்டை (வேறு எதையும் அந்தப் பார்வையீட்டு நிலைமைகளில் கண்டுபிடிக்க முடியாது) அதாவது இதயத் தசையில் மின்னோட்டத்தின் நேரடிச் செயலால் ஏற்பட்ட நார் உதரலை மட்டும் ஆராய்ந்ததே ஆகும். இத்தகைய காயத்திற்கு அந்தச் சமன்பாடு பொருந்தக் கூடும். ஆனால் உயிர் இழப்பு விளைவு இதயத்தசை மூலம் மின்னோட்டம் பாய்ந்து விளைக்கும் நார் உதறலால் மட்டும் ஏற்படுவதில்லை. இறப்பு மூச்சு நிற்பதாலும் எதிர்விளைவு அதிர்ச்சியாலும் நேரிடலாம். இத்தகைய காயங்களுக்கு அபாயக் கால எல்லைகள் இந்த வாய்பாட்டால் காண இயலாது. ஐ. மிசன்கோ [76] கண்ட தடயங்களின்படி மின்னோட்டத்தின் ஒரு நொடி மற்றும் மூன்று நொடிக் காலங்களும் இரத்த ஓட்ட காலத்திற்கு (cardiac cycle) அதிகப்படுவதால் இதே போன்று அபாயமானவையே.

அபாயமான மின்பாதையின் காலத்திற்கும் காயத்தின் விளைவிற்கும் உள்ள தொடர்பு கேப்பென் மற்றும் ஓசிப்கா அவர்களாலும் ஆராயப்பட்டது. ஓசிப்கா காலத்தினையொட்டி வலிப்புக்களின் தீவிரம் உயர்வதாகக் குறிப்பிட்டார் [203]. துரதிஷ்டவசமாக மனித உடலின் மேல் மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரத்தைச் சரியாகப் பதிவு செய்யாததால் ஓசிப்காவின் இந்த ஆராய்ச்சி விஞ்ஞான முக்கியத்துவம் பெறவில்லை. பதிவுகளுக்காகத்தேர்ந்தெடுத்த கால இடைவேளைகள் அதாவது ஒரு நொடி வரை, ஒரு நொடி, மூன்று நொடிகள் போன்றவை போதுமான ஆதாரமற்றவை. மின்னோட்ட நேரத்திற்கும் காயத்தின் விளைவிற்கும் அவர் கூறிய நேரடித் தொடர்பு நம்பிக்கையூட்டவில்லை. இந்தப் பிழைகள் அதை ஒட்டிய ஆராய்ச்சிகளையும் வீணுக்கும் அளவிற்கு மலிந்திருந்தன.

ஆகஸ்ட் 72-ல் போலந்து நாட்டு ரோக்லாவில் நடைபெற்ற பாதுகாப்பு மற்றும் நில இணைப்புக்கான சர்வதேச கருத்தரங்கில் பாதிக்கப்பட்டவர் உடலின் மூலம் ஓடும் அபாயமான மின்னோட்டத்தின் கால அளவு பற்றி சுவையான விவாதங்கள் நிகழ்ந்தன. வெளியீடுகளிலிருந்து கீழ்க்காணுபவை தெரியவருகின்றன.

பீஜல்மியர் [90] அனுமதிக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டங்களை அவை ஓடும் நேரத்தில் பகுதியாக இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரித்தார். முதல் பிரிவு அவரது கருத்தின்படி கீழறை நார் உதறலை விளைக்காதது. 50 மி. ஆ. விற்குக் கீழும் 50 மி. ஆ. விற்கு மேலும் இரண்டாவது பிரிவு நார் உதறலை விளைக்கக்கூடியது. பீஜல்மியர் மின்னோட்ட பாதுகாப்பு இயக்க காலத்தை முதல்வகை மின்னோட்டங்களுக்கு நிர்ணயிக்க இயலும் என்று கருதுகிறார். இதை அதிக் மின்னோட்டங்களுக்கு இதயத்தின் பாதி சுற்றிற்கும் (cardiac half-cycle) மேற்பட்டவைக்கு 0.1-0.3 நொடிக்குள் கட்டுப்படுத்தலாம் என்று கூறுகிறார். துண்டிக்கும் கருவிகளின் இயக்க நேரத்தை 300 ஆம்பியர்களில் 0.03 நொடியாகக் குறைக்க வேண்டும் என்ற அகில உலக வாரியங்களின் யோசனைகளைத் தேவையற்றது என்று அவர் கருதுகிறார். இவ்வாசிரியர் இத்தகைய மின் ஓட்டங்களுக்குப் பாதுகாப்பை நிலைநாட்ட 0.1 நொடி தேவை என்று கருதுகிறார். டால்ஜியல் மற்றும் ஓசிப்கா நார் உதரல் நிகழ்ச்சியை எளிதான கணக்கியல் விதிகள் மூலம் நேரத்தைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கக் கூறிய யோசனைகளை ஆக்க ரீதியாகப் பீஜல்மியர் விமர்சிக்கிறார். அதே நேரத்தில் அவர் காயத்தின் விளைவுகளில் நரம்பு மண்டலத்தின் பங்கினை விட்டுவிடுகிறார். வேறு சிலரைப் போல மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் இறப்பு நார் உதறலாலே விளைகிறது என்று கருதுகிறார். உயிர் உறுப்பியில் மின்னோட்டம் பாய்வதில் அபாயக் காலத்தை நிர்ணயிப்பதில் இப்போதுள்ள காரணிகளின் பிரதிகூலங்கள் பற்றி அவரது கருத்து சந்தேகமின்றி முற்போக்கமானதே. இவ்வாசிரியர் அறிவுகள் மேம்படும்பொழுது அனுமதிக்கப்பட்டுள்ள பாதுகாப்பு துண்டிப்பு காலத்

தின் எல்லைகள் சரி செய்யப்பட்டுத் துல்லியமாகக் குறிப்பிடப்படும் என்று கருதுகிறார். ஆனாலும் மின்னோட்ட கால அபாயக் காரணிகளைக் குறிப்பிடுவதற்குத் தேவையான ஆராய்ச்சியின் தன்மைகள் பற்றி ஏதும் கூறவில்லை.

குடர்ஸ்கீ மற்றும் தெரிசியாக் (140) அதே கருத்தரங்கில் அளிக்கப்பட்ட விரிவான ஆராய்ச்சிகளின் தடயங்களின் பேரில் பீஜல்மியர் அவர்களால் விமர்சிக்கப்பட்ட அகில உலக வாரியங்களின் நியமங்களை உறுதிப்படுத்துகிறார்கள். இவ்வாசிரியர்கள் மின் காயத்தின் நார் உதறல் நுட்பத்தைக் கொண்டே ஆராய்ந்து துண்டிப்பு மின்னோட்டங்களைக் காலத்தின் பகுதியாக நியமம் செய்து "நார் உதறல்" அல்லாத மின்னோட்டங்களுக்கு 0.01-1 நொடி என்று கூற முற்படுகிறார்கள்; நார் உதறல் விளைவிக்கும் மின்னோட்டங்களுக்கு .01 நொடி என்று கூறுகிறார்கள். அந்தக் கருத்தரங்குகளில் காயத்தின் "நார் உதறல் அல்லாத" நுட்பம் கருதப்படாதது வருந்தத்தக்கது. விலங்குகளின் மேல் மேற்கொண்ட சோதனைகளிலிருந்து பெற்ற விவரங்களையும் ஒப்பிட்டபோது கண்ட முரண்பாடுகள் தற்போதைய அபாய மின்னோட்ட கால எல்லைகள் பற்றிய நோக்கங்கள் தொடர்பாகப் பீஜல்மியர் மற்றும் பிறருக்கு அதிருப்தியை விளைத்தது.

காலக் காரணி ஆ. கிசலவ் அவர்களின் கவனத்தைக் கவர்ந்தது. விலங்குகளின் மேல் சோதனைகள் செய்து அவர்கள் பெற்ற விவரங்களைக் கொண்டு காலத்தின் செயல்பாட்டையொட்டி நார் உதறல் நடப்பதை அவர்கள் நிலைநிறுத்த முயன்றார்கள். அவர்களது ஆராய்ச்சியின் முடிவுகள் மின் பொறியியல் கழகத்தின் மின் பாதுகாப்புப் பிரிவின் "காலக் காரணி" விவாதங்களுக்கு அடிகோலின. அனுமதிக்கக்கூடிய மின்னோட்ட மதிப்புக்களை மின் ஓடும் காலத்தின் செயல்பாடாக அவர்கள் நியமப்படுத்த விரும்பினார்கள் (65-700 மி.ஆ. மின்னோட்டங்களுக்கு மூன்று நொடிகள் வரை, 1-0, 2 நொடிகளாக என்று நியமப்படுத்தல்). அந்தக் குழு, தெரிவிக்கப்பட்ட எண் விவரங்களைத் திருத்தியது. இறுதியாகக் கீழ்க்காணும் மதிப்புக்கள் பெறப்பட்டன:

நேரம் (நொடி)...	1	0.7	0.5	02
மின்னோட்டம் (மி.ஆ.)...	65	75	100	250

நமமைப் பொருத்தவரையில் மின்னோட்டத்திற்கும் காலத்திற்கும் இடையே உள்ள நிலையான தொடர்பு எதுவும் போதுமான விஞ்ஞான ஆய்வுக்கு உட்பட்டதல்ல. காலத்தின் செயல்பாடாக மின்னோட்டத்தைக் குறிப்பிடுவது கொள்கை ரீதியாக விரும்பப்படுவதே. காலம்-மின்னோட்டத் தொடர்பின் விரிவான நியமப்படுத்தல் அது காய நுட்பத்தில் ஒன்றினை மட்டும் அதாவது நார் உதறலை மட்டும் ஒட்டி அமைவதால் சரியானதல்ல. தேவையான பாதுகாப்பினை அமைக்க 1 மி.ஆ. மின்னோட்டத்திற்கான வழக்கமான நேரத்தைக் குறிப்பிட்டு மின்னோட்ட மதிப்பின் ஒரு எல்லையைக் குறிப்பிடுவது

சரியாகத் தோன்றுகிறது. உண்மையிலேயே இத்தகைய தனியான நியமங்கள் கூட மின்னோட்டப் போக்குவரத்து போன்ற சில அரிதான இடங்கள் தவிர வேறு இடங்களுக்குத் தேவையில்லை. பாதுகாப்பான மின்னோட்டங்களை 100 மி. ஆ. விற்கோ, ஏன் 10 மி. ஆ. விற்குக்கூட நியமப்படுத்தல் மின் பாதுகாப்பு அளவினைக் குறைப்பதற்கு ஒப்பாகும். ஆகவே இது தவிர்க்கப்பட வேண்டும்.

அதே நேரத்தில் மின்னோட்ட விளைவின் காரணத்தை நிர்ணயிக்கச் செய்யும் ஆராய்ச்சியில் மின்காய நுட்பங்கள் பற்றி நமது அறிவினை அதிகரிக்கும் என்பதை நாம் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும்.

மின்சார வேலைகளின் வழங்கு தொகுதிகள் (supply systems of electrical fences) மேல் செய்த விரிவான ஆராய்ச்சி கவனத்திற்குரியது. புர்டன் [149] அவர்கள் கூறியபடி மின்சார வேலைகள் அலையான மின் அழுத்தத்தில் செலுத்தப்படுகின்றன. அலையின் குறைந்தபட்ச நேரம் 0.8-60 மைக்ரோநொடி ஆகும். அது மின் அழுத்த அலகை யொட்டி நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. காரணி கீழ்க்காணும் முறையில் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது: சில மில்லி ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டத்தின் மூலம் மின் அதிர்ச்சி பெறும் மனிதன் தனது தசைகளை உபயோகித்து மின்சாரம் செல்லும் கடத்தியை விட்டுவிட இயல வேண்டும். எதிர் விளைவுக்காய நுட்பம் கணக்கிலெடுக்கப்படவில்லை. இந்த விளைவு குறுகிய காலமே இருப்பதாகத் தோன்றினாலும் அதிர்ச்சி சில நேரங்களில் உயிரிழப்பை விளைக்கிறது (அவை மோசமான நிலைகளின் சேர்க்கைகளில் நிகழுகின்றன.)

சந்தர்ப்பத் தடையங்களைப் போல விபத்துக்களின் புலனாய்வுகள் ஒரு மில்லிநொடி பாயும் மின்னோட்டம் கூடப் பாதுகாப்பானதல்ல என்று காட்டுகின்றன. மின்னோட்டங்களில் போல நடக்கக்கூடிய சாத்தியக்கூறுகளைக் குறிப்பிடும் பொருட்டு கடுமையான காயங்கள் காணப்படாத கால இடைவேளைகளைக் குறிப்பிட வேண்டும்.

காயத்தின் விளைவு நரம்பு மண்டலத்தில் மின்னோட்டத்தின் பாதிப்பினால் நேரிடுகிறது என்று கொண்டால், மின்னோட்டத்திற்கு இன்னும் பிரதி விளைவை உண்டாக்கும் காலங்களைக் கவனிப்பது தாக்கரீதியானது. சமீபத்தில் வெளியான பல அறிக்கைகள், நரம்பு மண்டல பதில் விளைவான ஒரு சாத்தியச் செயல்பாடு (action potential), மின்னோட்டப் பாதை 10^{-6} — 10^{-7} நொடிப்பொழுது இயங்கினால் கூட நிகழும் என்று கூறுகின்றன. யு. ஆன்டோமோனாவ் மற்றும் எல். ரெஷாட்கோ [6] அவர்களது விவரங்களுக்குத் திரும்புவோம். உயிரியல் தூண்டுதல்கள் பற்றி ஆராய்ந்த இவ் வாசிரியர்கள் ஒரு தனிப்பட்ட நரம்பின் மேல் ஒரு அலை செயல்படுமானால் மின்னோட்டம் (சாத்தியச் செயல்பாட்டின் தோற்றம்) தூண்டப்படக் கூடிய திசுக்களில் 10^{-7} நொடி அலை இடைவெளிகளில் அமையப் படுகிறது என்று நிலை நிறுத்தினர்கள். ஆசிரியர்கள் எழுதியதாவது:

'உடலியங்கியலில் குறிப்பிட்ட குறைந்த பட்ச ஆரம்பத் தூண்டலை (stimulus threshold) (10^{-5}நொடி) இரண்டு பங்கு நாங்கள் அதிக ரித்தோம். *(10^{-7} நொடி)* ஆனால் பதில் செயல் மின்னோட்டம் கிடைக்கக்கூடிய தூண்டல் எல்லைகளைக் காண முடியவில்லை'.

டி. நாசனேவ் அவர்களும் இதே முடிவினையே எட்டினார். மின்னோட்ட அலை அழுத்தம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக உயர்த்தப் படும்பொழுது ஆரம்ப மதிப்பை விட 10^{-5} — 10^{-6}பங்கு அதிகரித்தால் ஒரு தனிப்பட்ட நரம்பிற்கு 100 — 150 வோல்ட்டு கொடுக்க நேரிட்டால், அந்நரம்பு ஒரு மைக்ரோ நொடியிலேயே 10^{-6}நொடி) தூண்டப்படக்கூடும் என்று குறிப்பிட்டார்.

ஆகவே விபத்துக்களின் புலனாய்வுகளின் போது செய்த பார்வை யீடுகள் மிகக்குறைந்த கால (மில்லி நொடிகள்) மின்னோட்டம் மனித உடலின் மூலம் பாயும் பொழுது கடுமையான விளைவுகளை ஏற்படுத்தக் கூடியது என்ற முடிவினைத் தந்தன. இதே முடிவே டி. நாசனேவ் அவர்களது ஆராய்ச்சியின் மூலமும் நாம் பின்னர் செய்த ஆய்வின் மூலமும் உறுதிப்படுத்தப்பட்டது.

அதே சமயம் பல பத்து மில்லி ஆம்பியர்களையும் சில சமயம் ஆம்பியர்களையும் எட்டிய நெடுநேர மின்னோட்டங்கள் உயிரிழப்புக் களை விளைக்கவில்லை என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய ஒரே விளக்கம் — விளைவு பல நிகழ்ச்சிகளின் சேர்க்கைகளால் (மின்னழுத்தம், ஓட்டம் இவற்றின் அனுமதிக்கக் கூடிய எல்லைகளை நிர்ணயித்தலின்போது நிகழ்ந்தது போல்) விளைந்தி ருக்கக்கூடும் என்பதே. 1000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள இணைப்புக் களில், மனித உடலின் மேல் மின்னோட்டப் பாதை அமைக்கப்படும் போது, அதனை மைக்ரோ நொடியில் துண்டிக்கும் முறையினை ஏற்படுத்துவது மிகக் கடினமாகும்.

அதிர்ஷ்டவசமாக அதற்குத் தேவை ஏதும் இல்லை. அதை நிரூபிப்பதற்கு முன்னர் குறிப்பிட்ட ஆராய்ச்சி முடிவுகளைக் குறிப்பாக டி. நாசனேவ் அவர்கள் கூறியதைப் பார்ப்போம். நரம்பு இழையைப் பாதிக்கும் மின் அழுத்தம் 150 — 200 வோ அடையும்போதுதான் மின்னோட்டத்திற்கு அந்த இழை மைக்ரோ நொடியில் பதில் விளைவு கொடுப்பதைக் கண்டனர். மனித உடலில் மின் தடைகளின் பரவலைக் கண்டு பார்க்கும்போது மொத்தக் காயப்படுத்தும் மின்னழுத்தம் கிலோவோல்ட்டுகள் அளவில் இருக்கும் பொழுதுதான் இத்தகைய விளைவு கிடைக்கும் என்று அறியலாம். ஆகவே 1,000 வோ கீழுள்ள மின் வழங்கிகளில் அந்த வேகமான துண்டிப்பு தேவை இல்லை. 1,000 வோ மேலுள்ள மின் அழுத்தங்களைக் கொண்ட வழங்கிகளைப் பொருத்தவரையில் உடலின் பலவீனமான பகுதிகள் மூலம் மின் சாரத்தைத் தீண்டுதல் சாத்தியமில்லை. பொதுவாக மின்னோட்டம் உள்ளங்கை - கால்கள், உள்ளங்கை - உள்ளங்கை பாதைகள் மூலமே நிகழ்கிறது. மேலும் அத்தகைய மின் வழங்கிகளில் பாதிக்கப்

படும் நபர் கீழ் விழுந்த கடத்தியோடு தீண்டுதல் நேரிடும் நிகழச்சி களில்கூட விழிப்புக் காரணியால் பாதுகாக்கப்படுகிறுர். சுருக்கமாகச் சொன்னுல் 1,000 வோல்ட்டு மேலுள்ள மூலங்களிலும் விரைவான (மைக்ரோநொடி) துண்டிப்புத் தேவையில்லே. 1,000 வோ கீழுள்ள மூலங்களில் வேறு காரணங்களால் அது தேவையில்லே.

மின் அமைப்புக்களின் பராமரிப்பின்போது பெற்ற விவரங்களிலி ருந்தும் உயிரியல் ஆராய்ச்சி விவரங்களிலிருந்தும் (போதுமான விஞ்ஞான விவரங்கள் இல்லாமலிருந்தும்) நாம் பாதுகாப்பு நட வடிக்கைகளே மதிப்பிடும் பொருட்டு மனித உடலின் மூலம் மின் னேட்டம் பாய அனுமதிக்கப்படும் காலம் 0.001-2 நொடி என்று கொள்ளலாம்.

அந்த எல்லேக்குள் குறிப்பிட்ட மதிப்பினேத் தெரிந்தெடுப்பது சந்தர்ப்பங்களேயும் மோசமான காரணிகளின் சாத்தியக் கூற்றையும் பொருத்தது. ஏற்பட்ட காயத்தை அதிகரிக்கக் கூடிய நிலேகளில் குறைந்த மதிப்பினே எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அனுகூலமான நிலேகளில் 2 நொடிக்கு மேற்படாத அதிக மதிப்பினே எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். மனித உடலில் மின்னேட்டத்தின் உயிர் இயல்பியல் விளேவினேக் கொண்டும் பாதிக்கப்படும் உயிர் உறுப்பி யின் எதிர் விளேவினேக் கொண்டும் பாதுகாப்பு கால எல்லேகள் நிலேநிறுத்தப்பட்டுள்ளன. ஏதாவது ஒரு வடிவிலே அமைந்துள்ள தொழில் நுட்ப வசதிகளேக் கொண்டு இந்த எல்லேகளேக் கையாள லாம். பாதுகாப்பான கால எல்லேகளே மேலும் வேறுபடுத்துவதோ காலத்தை மின் அழுத்தம், ஓட்டத்தின் செயல்பாடுகளாகப் பாது காப்பாகக் கட்டுப்படுத்துவதோ தேவையான தொடர்புள்ள விவரங் கள் இல்லாமையால் இப்போதைக்கு இயலாது. அரிதான நிகழ்ச்சிகளே மதிப்பிடும்போது மின்னேட்டத்தின் அதிக காலங்களின்போது (30 நொடிகளுக்கு மேல்) மதிப்பிடப்பட்ட (வேறெதற்கும் இல்லே) 65 மி.ஆ. மின்னேட்டம் சிபாரிசு செய்யப்படுகிறது.

7-4. மின் ஓட்டத்தின் வகைகளும் அதன் அலேவெண்ணும்

நே.மி. மற்றும் மா.மி அபாயங்களே ஒப்பிடுதல் — மீண்டும் கருதப்படல் மின் விபத்துக்கள் மற்றும் காயங்கள் மேல் மேற்கொண்ட விரிவான ஆய்வு, புதிய இதுவரை கருதப்படாத அபாயக் காரணிகளே வெளிக் கொணர்ந்தது, ஏற்கனவே தீர்க்கப் பட்டதாகக் கருதப்பட்ட நே.மி மற்றும் மா.மி அபாயங்களே ஒப்பீடு செய்யும் பிரச்சினேயைக் குழப்பியது (பத்தி 3-1).

கிர்கிஸ் விஞ்ஞானக் கழகத்தில் அதன் உறுப்பினரான ஜி. ஃபிரெங்கல் அவர்கள் மேற்பார்வையில் மின்காயப் பிரச்சினே களேப் பல ஆண்டுகளாக ஆராய்ந்து வந்த விஞ்ஞானிகளின் குழு புதிய விவரங்களேக் கண்டது. நிலேத்தர அழுத்தங்களான 12, 36 மற்றும் 120 வோல்டில் நே.மி மற்றும் மா.மி தொடர்பான அபாயங்களின் இயல்புகள் நாய்களின் மேல் சோதனேகள் மூலம் காணப்பட்டன.

நியாயமான பாதைகளில் (வெளிப் பகுதிகளில் மின்வாய்கள் பொருத்தியபோது) 120 வோ நே.மி அபாயம் 42 வோ மா.மி அபாயத்துக்குச் சமம் என்று தெரிய வந்தது. இதேபோல 108 வோ நே.மி அபாயம் 36 வோ மா.மி அபாயத்துக்குச் சமமாகும். சோதனைச்சாலை விவரங்களைக் கொண்டு பார்க்கையில் 36 வோ நே.மி மற்றும் 12 வோ மா.மி அபாயங்களுக்கிடையே வேறுபாடு ஏதும் காணப்படவில்லை [1].

மா மின்னோட்டம் விளக்கும் அபாயத்தில் மின் வாய்களின் பரப்பு மிக வாய்களின் பரப்பு மிக முக்கியமானது என்று ஃபிரெங்கல் கருத்தோட்டத்தில் கண்ட விளைவு முக்கியமாகும்.

1903-1906 ஆண்டுகளில் தார்கானேவ் மற்றும் சாகோவெட்ஸ் அபாயத்தின் அளவு நே.மி முனைகள் அமையும் இடத்தை ஒட்டியது என்று நிலைநாட்டினார்கள். உடலின் மேல் பகுதியில் அமைந்திருக்கும் மின்வாயில் மின் மூலத்தின் எதிர் துருவம் கீழ் பகுதியின் முனையில் நேர் துருவமும் இணைக்கப்பட்டால் அபாயம் அதிகமாக விளையும். சுல்தானாலியெவ் மற்றும் அசிபேய்வ் அவர்களது ஆய்வுகளும் இதை உறுதிப்படுத்தின. பின்னவர் 1954ல் நாய்களில் எதிர் மின்வாய் உடலின் மேல் பகுதியில் வைக்கப்பட்டிருந்தால் நார் உதறல் முன்னதாகவே காணப்படுவதாகக் கூறினார். இந்த விளைவு மின்னோட்டத்தில் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்ட இரண்டு நாய்கள் மூலம் காணப்பட்டது. அந்நிகழ்ச்சிக்கு அப்போது எந்த விளக்கமும் தரப்படவில்லை. விலகி மற்றும் புரோகேமார் [45] என்பவர்களால் 1955ல் கிடைத்த இதுபோன்ற புலனாய்வின் விளைவுகளை விளக்க நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. மின் மூலத்தின் துருவ அலகு விலங்கின் எதிர் விளைவைப் பாதிக்கிறது. இது பல்வேறு விலங்குகளின் மூலம் வேறுபட்ட வழியில் காட்டப்பட்டது.

இந்தக் குறிப்பு வரைக்குள் குடெர்ஸ்கி மற்றும் தெரிசியாக் 1970-72ல் செய்த ஆராய்ச்சியின் விவரங்கள் கவனத்திற்குரியன. அதன் முடிவுகள் போலந்து நாட்டு ரோக்லாவில் நடந்த பாதுகாப்பு மற்றும் நில இணைப்பிற்கான அகில உலக கருத்தரங்கில் வெளியிடப்பட்டன.

முதலாவது அந்த ஆராய்ச்சியின் குறிப்பிட்ட அம்சங்களை நாம் அழுத்தமாகக் குறிப்பிட வேண்டும். ஆசிரியர்கள் நேர் மின்னோட்டம் மற்றும் தொழில் அலைவெண் மின்னோட்டத்தின் (மா.மி) விளைவுகளைக் காலத்தின் செயல்பாடாக ஒப்பு மதிப்பீடு செய்திருந்தனார். அவர்களது முடிவுகளின்படி (50-60 Hz) மாறு மின்னோட்ட அழுத்தங்களை 0 இருந்து கொஞ்சம் கொஞ்சமாக அதிகரிக்கும்பொழுது நே.மி அழுத்தங்களை அதுபோன்றே உயர்த்தும்பொழுது மா.மி மற்றும் நேர்.மி அபாயங்களைப் பொருத்தவரையில் கிடைத்த முடிவுகள் அசிபேயவ் மற்றும் ஃபிரெங்கல் போன்ற ஆராய்ச்சியாளர்களுக்குக் கிடைத்த முடிவைப்போன்று இருந்தன. நிச்சயமாக விலங்குகளைப் பொருத்தவரையில் மின் அழுத்தத்தில் சிரமமாகச் செய்யும் அதிகரிப்பு

மா.மி ஓட்டத்தைவிட நே.மி ஓட்டங்களில் பன்மடங்கு குறைவாக இருக்கும். ஆனுல் கண நேரத்திற்கு நே.மி அல்லது மா.மி அழுத்தங்களைச் செலுத்திஞல் விளைவுகள் வேருக இருக்கும். மின்னேட்டம் மனித உடலின் மூலம் பாயும் காலத்திற்கு (இணைப்புக்காலம் எனப்படுவது) எடுத்துக் கொண்டால் நே.மி அழுத்தத்தின் குறைவான அபாயம் என்பது தவறுனது எனும் முடிவை அந்தப் பார்வையீடு ஆசிரியர்களுக்குக் கொடுத்தது. பத்தி 1-1ல் இந்நூலாசிரியர் தெரிவித்த கருத்துக்களோடு அது உடன்படு கிறது. மேலும் குடெர்ஸ்கியும் தெரிசியாக்கும் மனிதனின் மேல் மா.மி மற்றும் நே.மி இன் மாறுபட்ட செயல்பாட்டை விளக்க முயல்கிறுர்கள். இவ்வாசிரியர் கருதுவதுபோல் நேர் மின்னேட்டம், மாறு மின்னேட்டத்தின் தனி விளைவான வலிப்புக்களைத் தோற்று விப்பதில்லை என்று அவர்கள் கூறுகிறுர்கள். ஆகவே உறையும் அபாயம் என்பது போன்ற எல்லைகள் அதற்கில்லை. உயிர் இயல்பியல் பார்வையில் பாதுகாப்பு முறைகளை உறைமின்னேட்டத்தையொட்டி அமைக்கும் தேவையில்லை. ஆனுல் நே.மி அழுத்தத்தில்கூட உறை மின்னேட்டம் எப்போதாவது கை தசைகளை இயக்கமற்று செய்யக் கூடும். ஒரு உதாரணத்தை நாம் பார்ப்போம்.

நிகழ்ச்சி **7-1**. ஒரு டிராம் பாதை துணைமின் நிலையத்தின் மின் பணியாளர் கம்பத்தை ஒரு கையில் பிடித்துக்கொண்டு 600 வோ அழுத்தமுள்ள (நிலத்திற்கு) மின்சாரப் பகுதியை வலது கையால் தொட்டார். அவரது இடது கை நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்ட ஒரு அமைப்பினைப் பிடித்துக் கொண்டிருந்தது. ஆகவே மூல மின் அழுத்தமும் காயப்படுத்தும் மின் அழுத்தமும் ஒன்றே. மின் அதிர்ச்சி ஏற்பட்டவுடன் மின் பணியாளர் பேச்சிழந்தார். அவரது கைகள் இரண்டும் அசைவிழந்தன. மின் பாதையி லிருந்து விடுவிக்கக் கம்பத்திலிருந்து கையை எடுக்க முடியவில்லை. இந்நிகழ்ச்சி நிலையப் பணியாளரை மின்சாரத்தைத் துண்டிக்கச் செய்தது. மின்சாரம் நீங்கியதும் தசையின் செயலிழப்பு அகன்றது. பேச்சுசக்தி திரும்பியது. மின்பணியாளர் அவர் நினைவிழக்கவில்லை என்றும் ஆனுல் சத்தம் போடவோ மின்சார பாகத்தினின்றும் கையை விடுவிக்கவோ இயலவில்லை என்றும் கூறினுர். சந்தர்ப்பங்களையும் விளைவுகளையும் பொருத்த வரையில் இதேபோன்ற காயம் பத்தி 3-3ல் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த இரண்டு உதாரணங்களும் நே.மி வலிப்பினை விளைக்காது என்று கூறுதலோடு முரண்படுகின்றன. ஆனுல் அது அவ்வாறல்ல. அந்த நிகழ்ச்சியில் வலிப்பை விளைவித்த மின்னேட்டம் பாதுகாப்பு கட்டுப்பாட்டிற்கு நியமப்படுத்த முடியாத அளவு அதிகமானது.

குடெர்ஸ்கி மற்றும் டெரிசியாக் அவர்கள் அறிவித்தபடி நேர் மின்னேட்டம் மற்றுமொரு அபாயத்தையும் விளைக்கிறது. உயர் மின் அழுத்தத்திலும் அதிக நேர் மின்னேட்டத்திலும் பாதிக்கப் பட்டவர் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளிலிருந்து தூக்கி எறியப்படுகிறுர். இது மா.மி ல் நிகழ்வதில்லை. அவ்வாறு தூக்கி எறியப்பட்டு விழுவதின் விளைவாக அவர் இறக்கக் கூடும். அலையாகச் செல்லும் (pulsating) நேர் மின்னேட்டம், ஒரு நேராக்கியின் rectifier) மின்னேட்டம் பாகங்களைத் தொடுதல் போன்ற நிகழ்ச்சிகளில் வலிப்பு

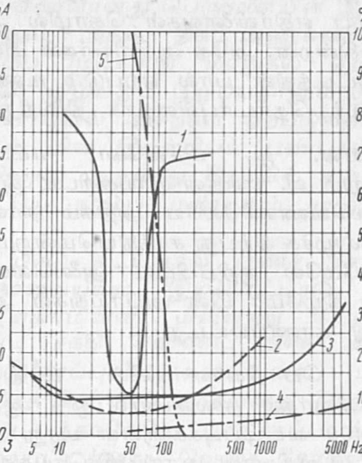
விளைவுகளையும் (அவை மா.மி பகுதியும் கொண்டிருப்பதால்) ஏற்படுத்துகிறது. நேர் மற்றும் மாறு மின்னோட்டம் இவ்வாறு குறிப்பாகப் பிணைந்திருப்பது மிகுந்த அபாயம் விளைக்கக் கூடியது. தனிப்பட்டு அபாயம் விளைக்காத அம்மின்னோட்டங்கள், அவற்றின் தனி அளவு மிகக் குறைவாக இருந்தாலும் ஒன்றாகச் செயல்படும்போது மிகுந்த அபாயத்தை விளைக்கும்.

பத்தி 7-2ல் குறிப்பிடப்பட்ட ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டத்தின் மா.மி (50 Hz) மற்றும் நே.மி ஒப்பீடு இங்கு குறிப்பிடப்பட வேண்டும். இந்த ஒப்பீடு அந்த மின்னோட்டங்களின் உடலியங்கியல் உணர்ச்சிகளில் ஏற்படும் பார்க்கக்கூடிய வேறுபாடுகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. இந்நிகழச்சிகளைப்பற்றி நமக்குத் தெரிந்தவை அவ்வளவே.

எவ்வாறோ பண்பளவிலாவது நே.மி குறைந்த அபாய அளவுகள் நிலைநாட்டப்பட்டுள்ளன. மனித உடலின் மின் தடையில் கொண்மம் உள்ளது. ஆகவே சமமான மின் அழுத்தங்களில் நே.மி காட்டிலும் மா.மி வில் மின்னோட்ட அடர்த்தியும் புலத்தின் தீவிரமும் அதிகமாக இருக்கும். மேலும் தன்னிச்சை எதிர் விளைவு அலை அழுத்தத்தைப் பொருத்ததே. மா.மி ல் இது அதிகமாகவே இருக்கும். மின் தடையின் நேரற்றத்தன்மை நே.மி யைவிட மா.மி இல் மாறுபடுகிறது. உயிர் இயல்பியலைப் பொருத்தவரையில் இது உண்மையே. நே.மி யில் குறிப்பிடத்தக்க உடலியங்கியல் உணர்ச்சியால் இது காணப்படுகிறது. கடைசியாக மா.மி மிகப் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுவதால் பலவீனமான பகுதிகள் மூலம் மின்சாரம் பாயும் சாத்தியக்கூறு அதிகமாகவே என்று காணப்படுகிறது. ஏனென்றால் நே.மி குறைவாகவே பயன்படுத்தப்படுகிறது.

முடிவாக எல்லா ஆராய்ச்சிகளையும் எடுத்துக்கொண்டாலும் மா.மி மற்றும் நே.மி ஆகியவற்றின் விளைவுகள் பற்றிய ஒப்பு அறிவு போதுமானதல்ல என்றே நாம் குறிப்பிட வேண்டும். இந்தத் தொடர்பின் மேல் ஆய்வு பிரச்சினைகளை உருவாக்குவதால் மின் காயத்தின் உயிர் இயல்பியல் பற்றிய நமது அறிவுகளை விரிவுபடுத்துவது அவசியம்.

மின்னோட்டத்தின் அபாயமும் அதன் அலைவெண்ணும். நெடு நாட்களாகக் குறைந்த மின் அலைவெண் வரையறைகளில் அதிக அபாயம் 50 சுற்று மின்னோட்டத்தில் நிகழ்வதாக நம்பப்பட்டது. எஸ். ஜெல்லினெக் [25] என்பவரால் இந்தக் கோட்பாடு முதலில் உருவாக்கப்பட்டுப் பல பாட புத்தகங்களிலும் விஞ்ஞான நூல்களிலும் இடம் பெற்றது. ஜி. சோலோடோவ்நிகாவ் மற்றும் ஓ. ஊசின்ஸ்காயா [20] அவர்களால் 1957இல் இது பற்றி விரிவான ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. அவர்களது சோதனைகள் மா.மி அபாயம் 50-500 சுற்றுக்களில் அமைகிறது. அபாயம் அலைவெண் அதிகரிப்பதை ஒட்டி உயர்கிறது என்று புலப்படுத்தியது.



படம். 7-12. எரிச்சலூட்டும் மின்னோட்டமும் மின் அலைவெண்ணும்
1-வோல்டர்; பெட்ரோவ்; கேடிகவ்; 2-மனய்லாவ் [68]; 3-டால்ஜியல்; 4-சொலடோவ்னிகோவ்; ஊசின்ஸ்காயா; 5-காயப்படுத்தும் அழுத்தத்தின் அலைவெண்ணுக்கு ஏற்ப விலங்குகளின் இறப்பின் சதவிகிதம் மாறுபடுதல். வளைகோடுகள் 1, 5 விலங்குகளைப் பற்றியன; 2,3,4 மனிதர்களைப் பற்றியன.

இந்த இருசாரரும் அளித்த தடயங்களை கே. அசிப்பேயவ் மற்றும் வீ. எஸ்கின் ஆராய்ந்து இருசாரருமே சரியாகக் கூறுவதாக வெளிப்படுத்தினார்கள். உண்மையில் வெள்ளை எலிகள் பற்றிய சோதனை விவரங்களைக் கணக்கில் எடுத்தால் மின்னோட்ட அபாயம் 50-500 வட்டிப்புக்குள் அலைவெண் மிகுதிப்படுத்தும்போதும் மாறுவதில்லை என்று கண்டார்கள். நாய்களின் மேல் அதே நிலைகளில் நடத்திய சோதனைகளின் போது உயிரிழப்புக்களை ஒப்பிடும்பொழுது இந்த அபாயம் குறைவதாகத் தெரிந்தது. நாய்களிடையே உயிரிழப்பு அல்லாத எதிர் விளைவுகளும் அலைவெண் அதிகரிக்கும்பொழுது குறைந்து காணப்பட்டன. எலிகளைப் பொருத்தமட்டில் இதையொட்டிய சோதனை ஆராய்ச்சி விவரங்கள் கிடைக்கவில்லை. ஆகவே இவைகள் எல்லாம் விலங்குகளின் இன வேறுபாடுகளையொட்டி அமைகின்றன. இந்தக் கருத்துக்களின் முரண்பாடுகளில் நாய்களின் மேல் செய்த சோதனைகளே முக்கியமானவை. (விலங்கு இனங்களை

வளேகோடு 5ல் காட்டியுள்ளபடி தொழில் அலேவெண் உள்ள மின்னேட்டத்தில் விலங்குகளில் (நாய்கள்) 100 சதவிகித இறப்பு நேரிடுகிறது; ஆனல் அதே அழுத்தங்களில் அவை 200 வட்டிப்புக்களில் (ஹர்ட்ஸ்) (Hz) உயிருடன் இருக்கின்றன. சொலோடோவ்னிக்கோவ் அவர்களின் தடயங்களின்படி எரிச்சலூட்டும் சக்தியை ஒட்டி குறைந்தபட்ச ஆரம்ப எதிர்விளேவுகள் தொழில் அலேவெண்ணிற்கு அப்பாற்பட்டு நிகழ்கின்றன. அதே ஆசிரியர்கள் மின் அழுத்தத்தைப் பொருத்து மின்னேட்டத்தின் பால் ஏற்படும் உணர்ச்சி மின் அலே வெண்ணேடு நேரடித் தொடர்புள்ளதாக நிலேநிறுத்தி உள்ளனர்.

கே. அசிப்பேயவ், ஐ. மிசன்கோ, எம். தர்க்குமேனவ், ஜி. ஃபிரெங்கல் மற்றும் வீ. எஸ்கின் நாய்களிடம் கீழறை நார் உதறல் 50 வட்டிப்பு அலேவெண்ணிலேயே அதிகம் காணப்படுவதாகவும் 200 வட்டிப்புக்களில் மூச்சு நிற்பது சாத்தியமென்றும் புது விவரங்கள் பெற்றுள்ளார்கள். மேலே குறிப்பிட்ட அலேவெண் எல்லேகளுக்கு மேலுமோ அல்லது கீழுமோ மின் அபாயங்கள் அவ்வளவு கடுமையாக இல்லே என்று காணப்பட்டது.

இருப்புப்பாதை பொறியாளர்களின் மாஸ்கோ கழகத்தில் ஆ. கிசலவ் [30] அவர்கள் தலேமையில் ஒரு ஆராய்ச்சியாளர்கள் குழு 50 அல்லது 400 வட்டிப்புக்களுள்ள மாறு மின்னேட்டத்தின் அபாயங்களே ஒப்பிட்டு விரிவான ஆராய்ச்சி செய்தது. சில குறிப்பிட்ட நிலேகளில் 400 வட்டிப்பு அதிக அலேவெண்ணேப் பயன்படுத்துவது சரியானது என்று அம்முடிவு குறிப்பிட்டது. இந்த ஆராய்ச்சிக்கு முக்கியத்துவம் கொடுத்த போதிலும் இந்தச் சிபாரிசுகளேச் செயல் படுத்துவது சரியென்று நாம் கருதவில்லே. ஏனென்ருல் ஏற்கனவே கூறியபடி இந்தச் சோதனேகள் நாய்களின் மூலமே நடத்தப்பட்டன; ஆய்வுகள் காயத்தின் ஒரு நுட்பத்தின் மேலேயே அதாவது நார் உதறல் பற்றியே மேற்கொள்ளப்பட்டன. வேறுபட்ட அலேவெண் களில் சுவாச உறுப்புகளேப் பொருத்தவரையில் மின்னேட்டங்களின் அபாயங்களே ஒப்பிட்டு ஆய்வது பயன் அளிக்கும்.

7-5 முடிவுகளும் செய்யத்தகு சிபாரிசுகளும்

மின் காயங்கள் பற்றிய ஆய்வும் கிடைத்த விவரங்களே விலங்குகள்பால் மின்னேட்ட விளேவுகளே ஆராய்ந்து பெற்ற முடிவுகளோடு ஒப்பிடுதலும் மின்னேட்ட விளேவானது பல்வேறு காரணிகளேப் பொருத்தது என்று வெளிப்படுத்துகிறது. அவையாவன: மின் அழுத்தம், மின்னேட்டத்தின் வகையும், அளவும், மின்னேட்டத்தின் காலம் மற்றும் முக்கியமாக உயிர் உறுப்பியின் உடலியங்கியல் மற்றும் உயிர் உடல் இயல் பண்புகள் இவற்றின் சேர்க்கைகள் பலவிதமாக நேரிடலாம். பல சந்தர்ப்பங்கள் இன்னும் தெரியப்படவில்லே. இனிவரும் ஆராய்ச்சியின் நோக்கம் அவைதான்

இந்நூலாசிரியர் மின்காயத்துறையில் பல ஆண்டுகள் அனுபவம் பெற்றதன் மூலமும் தொழில் நுட்ப மருத்துவ நோக்குகளில் அந்த அனுபவம் அமைந்திருப்பதாலும் பெருமளவு விபத்துக்களில் உயிரிழப்புக் கள் நேரிடுவது பற்றி விளக்கும் கோட்பாடு ஒன்றினை அளிக்க முன் வருகிறார்.

உயிர் இழப்பு விளைவானது பெருமூளையின் இரத்த நாளத்தொகுதி பாதிக்கப்படுவதாலும் அதன் திசு அணுக்களின் மின் கடத்தும் தன்மையில் திரும்ப முடியாது மாறுதல் ஏற்படுவதாலும் மின் கடத்தும் பண்புகள் முழுவதும் இழப்பதாலும் இவற்றின் விளைவாக இரத்த பிராண வாயுவில் குறைகள் ஏற்படுவதாலும் நேரிடுகிறது. பெருமூளை திசுவின் மின் இயல்பியல் பண்புகள் பாதிக்கப்படுவது ஒரு மின் அலையினால், அதாவது தோலில் உள்ள வாங்கிகளுக்கும் மூளைக்கும் இடையே நரம்பு மண்டலம் முழுதும் மின்னோட்டம் பாய்கிறது.

இந்தக் கோட்பாடு சட்டபூர்வ பிணச் சோதனைகளின் முடிவு களோடு முரணானவையல்ல. இக்கோட்பாடு சிக்கலான அங்கப் பொருட்களின் (எதிர்மின்னி மின்னணு கடத்தலை விளைவிக்கும் குறைந்த இணைப்பு சக்தி கொண்ட நுண் அணுக்களை உடைய மூலக்கூறுகளின் இணைப்புகளை உடையவை) மின்கடத்தல் பற்றி புதிய எண்ணங்களைக் கொண்டு உருவானது இந்தக் கடத்தல் மிகவும் குறைந்த மின்னோட்டத்தாலேயே பாதிக்கப்படக் கூடும்.

நல்ல நம்பிக்கையூட்டக்கூடிய வெளித் தோற்றத்திலேயே சரியாகப் படும் கோட்பாடுகளை ஏட்டளவில் மாற்றுவது எவ்வளவு சிரமம் என்று நாம் அறிவோம். ஆனால் இந்தக் குறிப்பு வரைகளையொட்டி செய்யும் ஆராய்ச்சி உயிர் உறுப்பியில் நடக்கும் தொடர் நிகழ்ச்சிகள் பற்றிய ஆய்வின் பேரில் அதிக ஆர்வமூட்டி மனிதன் மேல் மின்னோட்ட விளைவுகள் பற்றிய இன்றைய சர்ச்சைகளுக்கு முடிவு காணக்கூடும்.

துரதிருஷ்டவசமாக ஆசிரியரின் வயது புதிய கணக்கியல் விவரங்களைக் கொண்டும் ஆதாரப் பொருட்களின் இயல்பியலின் மூலமும் இந்தக் கோட்பாட்டினை மேலும் விளக்குதலுக்கு இடமளிக்க வில்லை. நூற்றுக்கணக்கான உயிரிழப்பு நிகழ்ச்சிகளை ஆய்வுகள் செய்து பார் விளக்கப்பட்டிருப்பதால் மின் விபத்துக்கள் பற்றி பல்லாண்டுகளாக ஆசிரியர் ஆராய்ந்து பெற்ற அனுபவமும் உள் நோக்கும் அவரை, அவர் கூறிய கோட்பாடு வரும் நாட்களில் தொடர்பான நன்கு அமைக்கப்பட்ட கருத்துக்களாக வெளியிடப் படும் என்ற நம்பிக்கை தெரிவிக்கத் தூண்டுகிறது. அதைத் தவிர சில நேரங்களில் முரண்பட்டாலும் பல்வேறு ஆராய்ச்சியாளர்களது இது நாள் வரை சேகரிக்கப்பட்ட கண்டுபிடிப்புக்களும் முடிவுகளும் வலுவான விபத்து தவிர்ப்பு முறைகளைத் தெரிந்தெடுப்பது அமைப்பது சம்பந்தமான பல செயல்முறை பிரேரணைகளை வழங்க உதவுகின்றன.

மின் அபாயங்களை எதிர்த்துப் பாதுகாப்பைப் பெறுவதில் அடிப்படை ஆயுதமான மின் காப்புத் தன்மையோடு நாம் துவங்

குவோம். மின் பாதுகாப்பு நோக்கில் மின்காப்பின் நிலேயை மதிப்பிட மொத்த கசிவு மின்னேட்டமான (leakage current) 0.1 மி.ஆ. எல்லேயினை நிர்ணயிக்க முடியும். தற்போது கிடைக்கும் மின்காப்புப் பொருட்களின் துணை கொண்டு இதனைச் செய்வது எளிதாகவும் சிக்கனமாகவும் அமையும். மின் சாதனங்கள், கம்பி வடங்கள், மூலங்களின் மொத்த கசிவு மின்னேட்டம் தாழ்ந்திருக்கும் மின் காப்புத் தன்மை நம்பகமான, பாதுகாப்பான, சிரமமற்ற இயக்கத்திற்கு வழிகோலும். தரைகள், சுவர்கள் கூரைகள் போன்றவற்றின் காப்புத் தன்மையை மதிப்பிட 1 மி.ஆ மின்னேட்டத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம். மின் அழுத்தங்கள் அல்லது மின்னேட்ட நேரங்களின் பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளுக்கான கட்டுப்பாடு தேவையற்றது.

பாதுகாப்பு மின்காப்புக்கள், காப்புத் தரைகள் போன்ற கூடுதலான பாதுகாப்பு முறைகள் இல்லாதபோது, 10 மி.ஆ மின்சாரம் பாயும் இடங்களில் 2 நொடிகளுக்குள் இணைப்பைத் துண்டிக்கும் பாதுகாப்பு துண்டிப்புக் கருவிகள் உத்தேசிக்கப்பட வேண்டும். இந்தப் பாதுகாப்பு ஏற்பாடுகள் முக்கியமாக 380/220 வோல்ட்டு மூலங்களிலேயே மேற்கொள்ளப்படுகின்றன (இம் மூலங்களில் நிலத்தில் பாயும் மொத்த மின்னேட்டம் 10 மி.ஆ விற்கு மேல்). இந்த நிகழ்ச்சிகளில் பாதுகாப்பு துண்டிப்பு கருவிகளின் இயக்கம் வேகமாக இருக்க வேண்டும். கூடுதலான பாதுகாப்பு கருவிகளும் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். நில இணைப்பிலிருந்து வேறு பாதுகாக்கும் அமைப்புகளுக்கும் இதே செந்தரங்களே பயன்படுத்தப்படும்.

12 வோல்ட்டு மாறு மின்னேட்டமும் 24 வோல்ட்டு நேர் மின்னேட்டமும் மின் அபாயமும் வேறு அபாயங்களும் உள்ள இடங்களில் எடுத்துச் செல்லும் விளக்குகளுக்கும் எடுத்துச் செல்லும் மின் கருவிகளுக்கும் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். வேறு இடங்களில் 127, 120 மற்றும் 380 வோல்ட்டு அழுத்தத்தை மின் காப்புகளுக்கான செந்தரங்களே அதிகரித்துப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

1,000 வோல்டிற்குக் கீழுள்ள மின் வழங்கிகளில் நில இணைப்பை மதிப்பிடும்பொழுது தற்போதுள்ள விதி முறைகளின்படி நிலத் தடை எல்லேகளேக் கையாளலாம். ஆனல் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள மின் அழுத்த மூலங்களில் அது மாறுபடுகிறது. இங்கு மின் அமைப்புகளில் உள்ள விதிமுறைகளுடன் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்த எல்லேகளும் நில இணைப்பின் மொத்த மதிப்பீட்டிற்குச் சேர்க்கப்பட வேண்டும். நிலப் பழுது பாதுகாப்பு உபாயங்களின் இயக்க நேரத்தையொட்டி (0.2 - 2 நொடி) இந்த அழுத்தங்கள் 150, 300 வோல்ட்டாகக் குறிப்பிடப்பட வேண்டும். விதி முறைகள் கூடுதலான பாதுகாப்பு சாதனங்களேயும் சொந்த பயனுக்கான பாதுகாப்பு சாதனங்களேயும் உடைகளேயும் குறிப்பிட வேண்டும். 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் உள்ள வழங்கு மூலங்களிலும் செய்தித் தொடர்பு

அமைப்புகளிலும் இதே பாதுகாப்பு விதி முறைகளே மேற்கொள் ளப்படவேண்டும் ஏனென்றால் இவற்றில் சாதாரணமாகவோ திடீ ரென்றோ மின் அழுத்தங்கள் தூண்டப்படலாம்.

நமது கருத்தில் மின்னோட்டங்களையும் மின் அழுத்தங்களையும் பாதுகாப்பிற்காகக் கட்டுப்படுத்துதல் தேவையற்றது. விதி முறைகளில் குறிப்பிடப்படாத நிகழ்ச்சிகளுக்கான பாதுகாப்பு முறைகள் வேறு விதமாகக் குறிப்பிடப்பட வேண்டும். ஆனால் அத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் குறைவானவையே.

எட்டாம் அத்தியாயம்

மின்பாதுகாப்பில் அடிப்படைச் சாதனமாக மின்காப்பீடு

8-1. மின்பாதுகாப்பு நோக்கில் மின்காப்புப் பண்புகள்

மின் காப்பீடு என்பது இறுக்கமாக இணைக்கப்பட்ட மின்சாரம் செல்லும் பகுதிகளுக்கிடையே மின்காப்பு ஊடகத்தை இடையில் வைப்பது. அதாவது ஒரு மனிதனை மின்னோட்டத்தினின்றும் தனிப் படுத்த அவனுக்கும் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளுக்கும் இடையே அவ்வூடகத்தை அமைப்பது. மின்காப்புப் பொருள் எந்தவொரு கடத்தும் பொருளுடனும் மனிதன் இணைக்கப்படுவதைத் தடுக்கிறது அல்லது பாதுகாப்பான மின்னோட்ட மதிப்புகளுக்குத் தனது கடத்தும் தன்மையைக் குறைத்துக் கொள்கிறது.

மின் பாதுகாப்பியல் பார்வையில் மின் காப்புப் பொருள் கீழ்காணும் அலகுகள் கொண்ட ஒரு கொண்மி ஊடகம் (dielectrical medium): கொண்மிப் பொருள்; முழுமையான கொண்மம் (அனுமதித் தன்மை) (absolute dielectric constant value), சிதறல் காரணி (dissipation factor) (கொண்ம இழப்புக் கோணப் படக்கை) (ஒரு பரப்பின் மூலம் மின்சாரம் கடத்தப்படுவதால் நிர்ணயிக்கப்படுவது); மின்சாரம் செல்லும் பாகங்களின் தடிமனும் பரப்புப் பூச்சும். மின் சாதனங்கள் தங்களது நம்பகமான இயக்கத்திற்கு மின் கடத்தும் பாகங்களின் மின் காப்பின் நிலையினையே நம்பி இருக்கின்றன என்பது அனுபவம் ஆகும். மின் காப்பீடு முறிவது பல விபத்துக்களுக்கு வித்தாகும். நம்பகமான மின்காப்பு அப்பொருளின் சரியான தெரிவு. அதனது வடிவம் (தடிமன், உருவம்) இவற்றைப் பொருத்தது. இவை இயக்க அழுத்தத்தின் மதிப்பாலும் சாதனத்தின் வடிவமைப்பாலும் இயக்க நிலைகளின் சரியான மதிப்பீட்டாலும் பயன்படுத்தப்படும் காப்பின் போதுமான பராமரிப்பாலும் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன.

பல நிகழ்ச்சிகளில் மனிதனை மின்சாரப் பகுதியில் இருந்து தனிப்படுத்தும் ஊடகம் காற்றேயாகும். மின் வழங்கு பொறிகள், கம்பிவடங்களின் ஆரம்பம் (inputs), மேல் நிலைக் கம்பிகள் போன்ற வற்றைப் பொருத்தவரையில் இது உண்மையாகும். இங்கு பாது காப்பானது மனிதனுக்கும் மின்சாரம் செல்லும் பகுதிக்கும் இடையே யுள்ள அனுமதிக்கும் தூரத்தைக் குறிப்பிடும் அமைப்பு முறைகளால் உறுதிப்படுத்தப்படுகிறது. இந்நிகழ்ச்சிகளில் மின் காப்பானது பாதுகாப்புக் கையுறைகள், தரைகள் போன்ற துணை சாதனங்களால் ஏற்படுத்தப் படுகிறது.

மின்பொறி இயலேயொட்டி அமையும் பல்வேறு துறைகளில் தொழில் நுட்பத்தின் ஒரு தனிப்பிரிவாக மாறி மின் காப்புப் பொறி இயல் மிகுந்த வேகத்தில் முன்னேறுகிறது. சில காலத்திற்கு முன் வரையில் மின் கடத்தாமை பற்றிய சொல்லாட்சி சில பத்துப் பொருட்களே உள்ளடக்கியிருந்தது. இப்பொழுது பல்வேறு கையேடுகளே விரிவாகப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. இந்த வகையில் இந் நாட்டில் சிறந்ததொரு வெளியீடு பி. கோட்மென், வீ. பெரஸின் மற்றும் ஆ. காயக்கின் [28] அவர்களது நூலாகும்.

மனித உடல் மேல் செல்லும் சாத்தியம் உள்ள மின்னேட்டத்தை 100 மைக்ரோ ஆம்ப்பிற்குக் கட்டுப்படுத்துவதால் மின் பாதுகாப்புப் பிரச்சினேயைத் தீர்க்கக்கூடிய மின் கடத்தாப் பொருட்கள் பற்றிய விவரங்களே மட்டும் கீழே பார்ப்போம். 1960ன் பின் ஆண்டுகளில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின் சாதனங்களில் வர்ணனேகளில் புதிய மின் கடத்தாப் பொருட்களின் தவருன பயனுலோ வடிவமைப்பின் பழுதுகளாலோ ஏற்படும் மின் விபத்துக்களேக் குறைத்தது. இத்தகைய பொருட்களின் பயன்படு தன்மையை மின் கடத்தாமையின் பண்புகளே உயர்த்துவதன் மூலம் அதிகரிக்கலாம். மின் கடத்தாமையின் அலகுகளேப் பற்றிய ஆய்வு இதுவரை பயன்படுத்தாத அதிகச் சாத்தியக்கூறுகளேக் காட்டுகிறது. மிக முக்கியமான பிளாஸ்டிக் பொருட்களில் துவங்கி அவற்றில் சிலவற்றை ஆராய்வோம்.

நெகிழிப் பொருட்களின் தரம் (quality) அவற்றின் புற வேதியல், இயந்திர இயல் (mechanical) தன்மைகள் நிலேயாக மேம்பட்டுக் கொண்டிருக்கின்றன. மின் இயல் மற்றும் இயந்திர இயல் வலு தேவைப்படுகின்ற மின் சாதனங்களில் கட்டுமானப் பொருட்களாக உலோகத்திற்குப் பதிலாக நெகிழிகள் உபயோகப்படுத்தப்பட முடியும் என்று நம்பலாம். மின் பொறி இயல் பொருளாகப் பயன்படுத்தப்படும் நெகிழிகளின் அடிப்படை பண்புகள் யாவை? நெகிழியானது ஒரு செயற்கைப் பொருள். பலவகை செயல்களுக்குப் பிறகு அது இளகும் தன்மைகளேப் பெறுகிறது. அதிலிருந்து தேவையான பொருளே எந்த வடிவிலும் உண்டாக்கலாம். அதனது முக்கியமான சேர்ப்புப் பொருட்கள் உயர் பாலிமர் ரெசின்களும் (high-polymer resins) அவற்றின் நிரப்புப் பொருட்களும் (fillers) ஆகும். ரெசின்கள் இணேக்கும் பொருட்களாகச் செயல்படுகின்றன. நிரப்புப் பொருட்கள் இயந்திர வலுவை அதிகரிக்கின்றன. நெகிழிப் பொருட்கள் அவற்றின் இயந்திரவியல் தன்மைகளேப் பொருத்த அளவில் மின் சாதனங்களில் பயன்படும்பொழுது உலோகத்திற்கு நிகரானவை. அதன் புற இயல்புகள் மற்றும் நிறம் சேர்க்கும் பொருட்களேக் (plastisizers, dyes) கொண்டு மாறுபடக் கூடியவை. 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் உள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் அமைப்புக்களில் நெகிழியானது சாதனப் பகுதிகளிலும் சட்டங்களிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தீண்டுதல் நிகழ்ச்சி நடந்தால் மனித உடலின் மேல் பாயும் மின்னேட்டம்

7ம் அத்தியாத்தில் குறிப்பிட்டபடி 100 மைக்ரோ ஆம்பியருக்கு (பாதுகாப்பான மின்னேட்டம்) குறைவாகவே இருக்கும்.

சாதனங்களின் பகுதிகளின் மின் காப்பு மட்டுமே பாதுகாப்பின் ஒரே வழியல்ல. 1950ம் ஆண்டுகளின் இறுதியில் பாதுகாப்பினை மேம்படுத்த ஒரு வண்ணப் பூச்சின் மின்காப்பு இயல்பு பயன்படுத்தப் பட்டது. தற்செயலாக மின்சாரம் பெறக்கூடிய மின் சாதனத்தின் உலோகப் பகுதிக்குக் கொடுக்கப்படும் காப்புப் பூச்சு பாதுகாப்புக் காப்பீடாகக் குறிப்பிடப்பட வேண்டும். சாதாரணமாகச் சாதன உலோகப் பகுதிக்குக் கொடுக்கப்படும் கரிப்பை எதிர்க்கும் பூச்சு இந்தப் பயனையும் அளிக்க வேண்டும். சாதனங்களுக்கும் கருவி களுக்கும் மின் ஓடிகளுக்கும் கூட வெளி பொருட்கள் செய்வதற்கு உலோகத்திற்கு பதில் நெகிழி பயன்படுத்தப்படுவதால் மேற்படி பழக்கம் மறு ஆய்வில் இருக்கிறது. தீண்டக்கூடிய சாதனங்களின் சட்டகங்களின் நில இணைப்பு தனித்தன்மையை இழந்துவிடுகிறது.

பாதுகாப்பு காப்பீடானது நெய்வணங்கள், ரெசின்கள், மின்காப்பு இழைகள் மற்றும் சாதாரணக் கனிம மென்பூச்சுகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டு செய்யப்படலாம். தற்போது அவை சிறந்த காப்புப் பொருளை நாமே தெரிந்தெடுக்கும் அளவிற்கு அதிகமான பொருள் களாக உள்ளவை. எல்லா உலோகப் பகுதியையும் முக்கியமாக வெளிப்பகுதிகளை மறைக்கிற அளவுக்கு ஒரு பொதுவான எண்ணெ வண்ணப் பூச்சினாலும் காப்பு காப்பீட்டைச் செய்யலாம். ஆனால் எண்ணெ வண்ணப் பூச்சின் மின் இயல் பண்புகள் சிறப்புக்காப்புப் பொருட்களைவிட (கொண்மம் 10-15 கி.வோ/மில்லிமீட்டர், கொள் தடைத்திறன் (volume resistivity) 10^4—10^6 ஓம் மீட்டர், குறைந்த பரப்பு எதிர்திறன்) தாழ்ந்தவையே. எண்ணெ வண்ணப் பூச்சு ஒரு துணை காப்புப் பொருளே என்ற கருத்தில் பார்த்தால் இந்த அலகுகள் போதுமானவை.

மூடுகம்பி மற்றும் உள் வடங்களின் காப்பீடு பற்றி சில வார்த்தைகள் கூற வேண்டும். ரப்பர் காப்புப் பொருள் நெடுநாட் களாக வழக்கிழந்தது. பருத்தி காப்புப் பொருளுக்குப் பதிலாகச் செயற்கை பொருள்கள் உள்ள இடம் பெற்றுள்ளது. புதிதாக உற்பத்தி செய்யப்படும் வடங்களின் மின் திறன் இயக்க அழுத்தத்தை விட 10—15 பங்குகள் அதிகம். காப்பின் கண்ணேட்டத்தில் பலவீனமான பகுதிகள் இணைப்புகளிலும் (couplings) கம்பிவடத் தொகுப்புக்களிலும் (cable splices) காணப்படுகின்றன. ஆனல் புதிய காப்புப் பொருட்களின் துணையால் இவ்விடங்களில் ஓரளவு மேம் பாடு காணப்படுகிறது.

செயற்கைப் பொருட்களை உற்பத்தி செய்து பயன்படுத்தலில் உள்ள தற்கால வளர்ச்சி மின் பாதுகாப்பிற்குரிய போதுமான மின்கடத்தாப் பொருட்கள் கொண்ட சாதனங்களை உற்பத்தி செய்ய உதவுகிறது. ஆனல் இப்போதுள்ள பலவீனங்களை உலோகத்திற்குப்

பதிலாக வேறு காப்புப் பொருட்களை பயன்படுத்துவதால் மட்டும் போக்க இயலாது. ஆனாலும் இந்த மாறுதல் மின்பாதுகாப்புப் பிரச்சினைக்கு உள்ள பல தீர்வுகளில் ஒன்றைக் குறிக்கிறது.

8-2. மின் காப்பின் தேவைகளும் மின் காப்பின் தவிர்ப்புச் சோதனைகளும்

மின் காப்பின் தேவைகள் : புதிய பொருட்களின் காப்புப் பண்பு எவ்வளவு உயர்வாக இருந்தாலும் தேவையான நிலைத்தரங்களை அனுசரிக்காமல் ஒரு கட்டுமானத்திலோ ஒரு தொகுப்பிலோ சரிபாராது இவற்றைப் பயன்படுத்தல் ஒரு பொறியின் அல்லது கருவிகளின் முழு மின் காப்பு நம்பகத் தன்மையையும் பாதிக்கும். முறையற்ற பராமரிப்பின் மூலமும் காப்புப் பண்புகள் பாதிக்கப்படலாம். ஆகவே இது காப்புக்கு ஏற்ப வடிவமைப்பு மற்றும் இயக்க செந்தரங்களை உருவாக்கத் தேவையாக்கிற்று. இதனால் காப்புப் பொருட்களின் உற்பத்தி முறை மற்றும் பயனைப் பொருத்த வரையில் அவற்றின் அலகுகள் நிர்ணயிக்கப்பட்டன. இந்தச் செந்தரங்கள் மின் அமைப்புக்களின் விதி முறைகள், தொழில் நுட்பப்பராமரிப்பு மற்றும் பாதுகாப்பு இயல் விதிகள், மேலும் அரசு நியம நூல்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன.

விதிமுறைகளின் 127ஆம் பத்தியிலும் மற்றும் விதிகளின் 290ம் பத்தியிலும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள செந்தரங்களுக்கு ஏற்ப துவக்கக் கட்டுப்பாட்டுச் சாதனம் (start-control equipment), தீண்டும் பொருட்கள் (contactors), காந்த துவக்கிகள், கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் (மின் ஓடு பொறிகளின் துவக்கப் பாதைகளோடு தொடர்புள்ளவை) ஆகியவற்றின் காப்புத் தடையானது சோதனை செய்யப்பட வேண்டும். ஆனால் காப்புத் தடை மதிப்பு நிர்ணயிக்கப்படவில்லை.

விதிகளின்படி நேர் மின்னோட்ட உணர்த்திப் (relay) பாதுகாப்புப் பாதைகளுக்குத் தடைத்திறன் 10 மெகா ஓம் (Mohms) ஆகும்; மாறுமின்னோட்ட உணர்த்திப் பாதுகாப்பு பாதைகளுக்கு அது 6 மெகா ஓம் ஆகும்; மின் மாற்றிகளின் தாழ் அழுத்தப் பகுதிக்கு (secondaries) 2 மெகா ஓம் ஆகும்; (விதிகளின் 216ம் பத்தி) உணர்த்திப் பொறிகளுக்கு 25 மெகா ஓம் ஆகும்; தான் இயங்கு மின்னோட்டப் பாதைகளுக்கு (drive circuits) 1 மெகா ஓம் ஆகும் (விதிகளின் 289ம் பத்தி) திறன் மின் மாற்றிகளின் கடத்தாமையின் தேவையான தடை குறிப்பிடப்படவில்லை.

மின் காப்புப் பொருள், மேலும் பயன்படுத்தக் கூடியதா என்று முடிவு செய்ய இயக்கத்தில் இருந்தபோது அதனது தடை அளக்கப்பட வேண்டும். சாதனம் இயக்கி வைக்கப்படுவதற்கு முன்னால் பெற்ற மதிப்புக்களோடு இதை ஒப்பிட வேண்டும். காப்புத் தடையானது, முதல் மதிப்புக்களைவிட அதனது அளவு வெகுவாகக் குறைந்தால்

அதாவது 30 சதவிகிதத்திற்கும் அதற்கு மேலும் குறைந்தால் போதுமானதல்ல.

துரதிருஷ்டவசமாக அதிக அளவு விபத்துக்களுக்குப் பொறுப்பான சாதனங்களின் காப்புத் தடை குறிப்பிடப்படுவதில்லை அல்லது குறைவாகவே குறிப்பிடப்படுகிறது. இத்தகைய சாதனங்கள் : மின் பற்றவைப்புக் கருவிகள், தூக்குப் பொறிகள், எடுத்துச்செல்லும் மின் கருவிகள், உயர் அலைவெண் அமைப்புக்கள் மற்றும் கட்டுமான இடங்களிலுள்ள மின் மூலங்கள், ரசாயன வனிமங்கள், தூசிகள் இவற்றைக் கொண்ட இடங்கள், மின்னாற்பகுப்பு (electrolytic) வேலையகங்கள் போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படுபவை.

மின் காப்புக்குக் கடுமையான செந்தரங்களைக் குறிக்கும் விரிவான சோதனைகள் செய்யும் போக்கு 1966ல் வெளியிடப்பட்டு மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமானத்திற்கான விதிமுறைகளில் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. அதில் அதிக அளவு பொருள்களுக்குக் காப்புத் தடை 1,000 வோல்ட்டு மற்றும் 2,500 வோல்ட்டு மெகர்களால் (Megger) சோதனை செய்யப்பட வேண்டும் என்று குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. சோதனை செய்யப்பட வேண்டிய இணைப்புப் பகுதிகள் தெளிவாகவே குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. விதிகள் மின் இணைப்புக்களில் காப்புத் தன்மை 1,000 வோ மெகாரால்தான் சோதனை செய்யப்பட வேண்டும் என்று கூறுகின்றன (முன்னால் 500 அல்லது 1,000 வோல்ட்டு என்று இருந்தது). அடுத்த எரி இழைகளுக்கு இடையிலான காப்பீடு எரி இழை இணைப்புகளை எடுத்தபிறகும் திறப்பான்களைத் திறந்தபிறகும் சோதனை செய்யப்பட வேண்டும் என்று குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

ஆனால் இவ்விதிகளும் அதிக அளவு பலவீனங்களைக் கொண்டுள்ளன. 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் இயங்கும் அமைப்புக்களுக்கான காப்புத் தடையின் செந்தரங்கள் சாதனங்கள், மூடு கம்பிகள், வடங்கள் ஆகியவற்றிற்கு உற்பத்தியின் போது சொன்ன செந்தரங்களை விட இவை குறைவாகவே உள்ளன. கடினப் பொருள்களுக்குக் குறிப்பான செந்தரங்கள் கொடுக்கப்படவில்லை. ஆனாலும் அவை இணைப்புப் பகுதிகளின் காப்புத் தடையை அதிக அளவிற்கு நிர்ணயிக்கின்றன.

சாதனங்கள் மற்றும் மின் இணைப்புக்களில் காப்புத் தன்மை குறிப்பாக 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் உள்ள இயக்கங்களில் போதுமான அளவு ஆயப்படாதலால் முக்கிய மின் பாதுகாப்புப் பிரச்சினையான காப்பீட்டின் செந்தரங்கள் வெகுவாக மாறவில்லை. மேலும் புதிய காப்புப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தும்பொழுது மின் சாதனங்களின் நம்பகத் தன்மையில் ஏற்பட்டுள்ள மாறுதல்கள் குறைவாக மதிப்பிடப்பட்டுள்ளன. இது ஒரு சிக்கலான நிலையாகும். பழைய காப்புப் பொருட்களாலான மூடு கம்பிகள் மற்றும் வடங்களைக் கொண்ட அதிக அளவான சாதனங்கள், இன்னும் பயன்படுத்தப்

படுகின்றன. வீடுகளில் இன்னும் பயன்படுத்தி வரும் மின் வழங்கு நாண்கள் (supply cards) நெடுநாட்களுக்கு முன்னரே பயனற்றவை யானவை. போர்க் காலத்திற்கு முன்னரே உற்பத்தி செய்யப்பட்ட பல சாதனங்கள் இன்னும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. மின் காப்புப் பண்பு உயர்வான புதிய சாதனங்களோடு இன்றைய தேதிக்கு ஒவ்வாத பழம் சாதனங்களும் உபயோகத்தில் உள்ளன. ஆனாலும் இந்தப் பிரசினைகளை வெற்றிகரமாக தீர்க்க முடியும். மின் சாதனங்கள், மூடு கம்பிகள் மற்றும் வடங்களுக்கான புதிய, திருத்தப் பட்ட செந்தரங்கள் அவற்றின் காப்புத் தன்மைகளுக்கான கடுமையான தேவைகளோடு குறிப்பிடப்பட வேண்டும். அதனால் மின் தடையும் முறிவு அழுத்தமும் உயர்த்தப்பட வேண்டும். மின் காப்பீட்டின் தேவைகளைக் குறிப்பிடும் முறைகள் மற்றும் விதிகளின் பகுதிகளை முன்னேற்றுவது பயனளிக்கும். அவ்விதி முறைகள் குறிப்பிடப்பட் டுள்ள எல்லைகள் (limits) குறைந்தபட்சமானவையே என்று காட்ட வேண்டும். அப்பகுதிக்கு ஒப்ப தொழில் அறிவுரைகளையொட்டி அமைய வேண்டிய மின் கடத்தா தேவைகளும் இந்த மேம்பாட்டில் அடங்க வேண்டும். பழைய சாதனங்களைப் புதியனவோடு சேர்த்துப் பயன்படுத்தலால் நியமங்களில் எண் அளவு கூட்டப்பட்டுள்ளது. அவற்றின் கடத்தா திறன் 3 அல்லது 4 தொடர்ந்த பாதுகாப்பு சோதனைகளால் அளக்கப்பட வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் கொடுக்கப்பட்ட மின் கடத்தா நியமங்கள் முறையாகத் திருத்தப்பட வேண்டும். சாதன இயக்கத்தினும் மின் வழங்குதலினும் நம்பகத் தன்மையை மேம்படுத்த இது பொது வழக்கமாகக் கொள்ளப்பட வேண்டும்.

தவிர்ப்பு பேணுதல். மின் சாதனத்தின் தவிர்ப்பு பேணுதல் மூன்று கட்டங்களைக் கொண்டது:

(1) கண்காணிக் கருவிகளைக் கொண்டு செய்யும் முறையான மேற்பார்வையும் காப்பீட்டுச் சோதனையும்;

(2) தடுப்புச் சோதனைகள்;

(3) பழுது பார்த்தல்.

பொதுவான விதிமுறைகளிலும் இயக்க அறிவுரைகளிலும் இந்தப் பேணுதல் இயக்கங்களில் வரையறை, நிலைகள், பெருநோக்கு எல்லாம் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. மேலும் அந்தத் தொழிலகத்திலும் தொழில் பிரிவிலும் செல்லத்தக்க விதிமுறைகளும் அறிவுரைகளும் அவற்றைப் பற்றி விளக்கமும் அவற்றில் உள்ள தேவைகள் மின் சாதனங்களின் பயனின்பால் உள்ள அனுபவத்தையொட்டி அமைந்தவை. அதனால் சரியானவை. இந்த விஷயத்தில் கீழ்க்காணும் காரணங்கள் வலி யுறுத்தப்பட வேண்டும்.

கணனிகளின் (computers) பயன் தனிப்பட்ட தொழிலகத்திற்கோ தனிப்பட்ட தொழில் செயல்பாட்டுப் பிரிவிற்கோ வேண்டிய மிகப் பயனளிக்கும் தேவைகளைக் குறிப்பிட உதவும். தடையில்லாத மின் வழங்குதலே செயல்பாட்டுக் காரணியாக (performance criterion)

,

கொள்ளப்பட வேண்டும். சில இடங்களில் மின்சாரம் 100 சதவிகிதம் தடையற்று இயங்க வேண்டும்; இன்னும் சில இடங்களில் குறிப்பிட்ட தடை அனுமதிக்கக் கூடியது. பாதுகாப்புத் தேவைகள் மின் வழங்கு தலின் நம்பகத்திற்கான தேவைகளோடு உடன்படுகின்றன.

தவிர்ப்புச் சோதனைகளும் பழுது பார்த்தலும் மிக அதிகமான செலவுகளை ஏற்படுத்துவதால் சிக்கனக் கருத்துக்கள் ஒரு காரணி ஆகும். மின் வழங்கு தொடர்களிலும் மின் சாதனங்களிலும் புகுத்தியுள்ள தேவைக்கு அதிகமானவற்றின் மூலம் இந்தச் சோதனை களும் பழுது பார்த்தலும் சில சமயங்களில் நீட்டிக்கப்படலாம். அத்தகைய பிரசினைகள் இப்போதுள்ள செந்தரங்களைக் கொண்டும் ஒவ்வொரு தொழிலகத்திற்கும் உள்ள குறிப்பிட்ட தேவைகளைக் கொண்டும் தீர்க்கப்பட வேண்டும்.

தவிர்ப்பு சோதனைகள். தவிர்ப்பு சோதனைகள் எனப்படுபவை குறிப்பிட்ட சோதனைப் பழக்கங்களையும் கருவிகளையும் கொண்ட தனிப்பட்ட அளவீட்டு முறையாகும். நாம் மின் காப்புத் தன்மையை மதிப்பிடும் இரண்டு அடிப்படை சோதனைகளைப் பற்றி விவாதிப் போம். அவையாவன: காப்புத் தடை சோதனைகள் மற்றும் உயர் அழுத்த சோதனைகள்.

காப்புத் தடை சோதனை. காப்பின் தடையானது தானாக அமைந்த குறைபாடுகளாலோ அப்பகுதியின் பழுதுகளாலோ அதாவது உடை சல், சீரழிவு போன்றவற்றால் குறைபடுகிறது. இத்தகைய குறைகளின் பெரும்பகுதி மெகரினால் செய்யும் அளவீடுகளால் வெளிப்படுத்தப் படுகிறது. மெகரானது பொது உபயோகத்தில் இருக்கும் கருவியான தாலும் தேவையான திறன்களையுடைய மெகர்கள் கிடைப்பதாலும் இந்த வேலை எளிதாக்கப்படுகிறது. தாழ்ந்த அழுத்தச் சாதனங்களும் மூடு கம்பிகளும் (65, 12 வோல்ட்டு) மற்றும் நியமம் குறிப்பிடாத 100 வோல்ட்டு அழுத்தத்திற்குக் கீழ் உள்ள சாதனங்களும் 500 வோல்ட்டு மெகரால் சோதிக்கப்பட வேண்டும். 380 வோல்ட்டிற்கு உட்பட்ட சாதனங்களும் வடங்களும் சாதாரணமாக 1,000 வோல்ட்டு மெகரால் சோதிக்கப்பட வேண்டும். 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள சாதனங்களுக்கு 1,000 வோல்ட்டு மற்றும் 2,500 வோல்ட்டு மெகர்களே பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்.

உயர் அழுத்த சோதனைகள். 1934-1935 ஆண்டுகளிலிருந்தே சோவியத் நாட்டில் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேற்பட்ட அழுத்தமுள்ள இயக்கங்களில் உயர் அழுத்தச் சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. லெனின்கிராடு மின் அமைப்பின் வட இணைப்புகள், மாஸ்கோ மின் அமைப்பு போன்றவற்றின் பணியாளர்களால் இச்சோதனைகள் முதலாவதாக நடத்தப்பட்டன. அந்தச் செயல்பாடுகளுக்கு முழு மதிப்பு கொடுக்கப்பட வேண்டும். ஏனென்றால் உயர் அழுத்த சோதனை செய்முறைகளைப் புகுத்தி மேம்படுத்தியதோடு தேவையான சாதனங்களையும் உற்பத்தியாக்கின. இந்தச் சாதனங்கள் நகரங்களில் எந்தப் பகுதியிலும் சோதனை செய்வதற்குப் போதுமானவை. எந்தத்

தனிப்பட்ட மின் வழங்கு தொகுதிக்கும் ஏற்ப அவற்றை மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளலாம். இத்தகைய தேவைகள் ஒரு நகரக்கூடிய சோதனை அமைப்பினையும் பயன்படுத்த வேண்டிய அழுத்தத்தையும் குறிப்பிட்டன. இந்தச் சோதனைகளுக்காகப் பயன்படுத்தும் மின் னேட்டம் நேர் மின்னேட்டம் ஆகும். ஏனென்றால் அதிக திறனுள்ள ஒரு பொருளைச் சோதிக்கும்பொழுது உயர்வான மாறு மின் அழுத்தத்தில் சோதனைகள் செய்வது அதிக மின் திறனைச் செலவிடும். சிறிய அளவு நடமாடும் சோதனைக் கூடத்தில் இதனைச் செய்ய இயலாது. இந்தச் சோதனைகளில் மின்சாரம் செல்லும் பகுதியில் மின் அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது. சோதனை அமைப்பின் மறுமுனை நிலத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. இரு தறுவாய்களுக்கும் இடையே உள்ள மின் காப்பீடும் (interphase insulation) இவ்வாறே சோதிக்கப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சியில் மின் அழுத்தம் இரு தறுவாய் கம்பிகளுக்குமிடையே A-B, B-C, C-A என்று கணக்கிடப்படுகிறது.

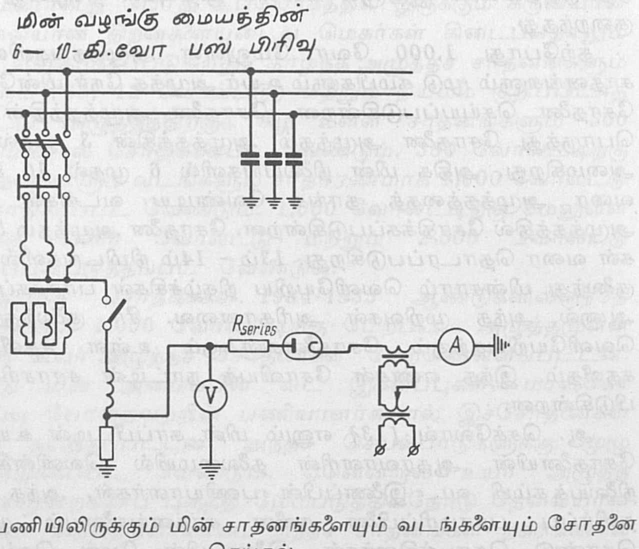
முதலாவதாகத் தவிர்ப்புச் சோதனைகள் துவக்கப்பட்டபொழுது அதிக அளவு சாதனங்கள் முக்கியமாக மூடு கம்பிகள் சோதனைகளைத் தாங்கவில்லை. சோதனை அழுத்தத்திற்கும் அவற்றின் குறிப்பிட்ட அழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் குறைவாக இருந்துமே அவ்வாறு நிகழ்ந்தது. பின்னர் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பழுதுகளின் எண்ணிக்கை குறையத் துவங்கின; சோதனை அழுத்தங்கள் அதிகரிக்கப்பட்டன. சோதனை அழுத்தங்களை அதிகரித்தது சாதனங்களின் முறிவுகளை ஏற்படுத்தவில்லை. இதனல் பின்னர் முறிவுகள் நிகழ்வது வெகுவாகக் குறைந்தது.

தற்போது 1,000 வோ மேலுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் சாதனங்களும் மூடு கம்பிகளும் உயர் அழுத்த நேர் மின்னேட்டத்தால் சோதனை செய்யப்படுகின்றன. சோதனை அழுத்தத்தின் வகையைப் பொருத்து சோதனை அழுத்தம் அழுத்தத்தின் 3 முதல் 6 பங்காக அமைகிறது. அதிக மின் நிலையங்களில் 6 முதல் 10 கிலோ வோ வரை அழுத்தத்தைத் தாங்க வேண்டிய வடங்கள் 50 கி.வோ அழுத்தத்தில் சோதிக்கப்படுகின்றன. சோதனை அழுத்தம் 5-15 நிமிடங்கள் வரை தொடரப்படுகிறது. 13ம் - 14ம் நிமிடங்களில் கடத்தாமை குலைந்து மின்சாரம் வெளியேறிய நிகழ்ச்சிகள் பார்க்கப்பட்டுள்ளன. ஆனல் அந்த முறிவுகள் அரிதானவை. சீர் குலைந்து மின்சாரம் வெளியேறியதற்கும் சோதனைகளுக்கும் உள்ள சதவீதம் 2.5 - 5 சதவீதம். இந்த எண்கள் சோவியத் நாட்டின் சராசரியைக் குறிப்பிடுகின்றன.

ஆ. செக்லோவ் [13] எனும் மின் காப்பீட்டின் உயர் அழுத்தச் சோதனையின் ஆதரவாளரின் தலைமையில் லெனின்கிராட் மின் நிலையக்கம்பி வட இணைப்பின் பணியாளர்கள், அந்த இணைப்பின் தவிர்ப்பு பராமரிப்பினை நவீன சாதனங்களையும் முறைகளையும் கொண்டு தொடர்கிறர்கள். இணைப்பின் மேல் செய்த தவிர்ப்பு சோதனைகளிலிருந்து பெறப்பட்ட முடிவுகள் குறிப்பிடத் தக்கவை.

இம்முடிவுகள் 6 கி.வோ கம்பி வடங்களை நேராக்கப்பட்ட (rectified) 50 கி.வோ அழுத்தம் மூலம் சோதனை தொடர்வதை ஆமோதிக் கின்றன. 10 கி.வோ இயக்கத்திற்கு மாற்றப்பட்ட 6 கி.வோ வடங் கள் 60 கி.வோ ஆல் சோதிக்கப்பட வேண்டும். 10 கி. வோ வடங்களின் சோதனை அழுத்தம் 60 கி. வோல்ட்டிலேயே இருக்க வேண்டும். 35 கி.வோ வடங்களை 5 மடங்கு அதிக மின் அழுத்தங் களால் சோதனை செய்தபோது பலவீனங்கள் காணப்பட்டன. இதனை 6 மடங்காக உயர்த்தியபோது முறிவுகள் நிகழ்ந்தன.

மின் காப்பீடு முறிந்து அவசர மின் துண்டிப்பு நேரிடுவதன் அடிப்படைக் காரணம், மண்ணைத் தோண்டும் போதும் நிலத்தடித் தொகுதிகளில் பழுது பார்க்கும்பொழுதும் நேரிடும் இயக்கச் சிதைவு களே. இத்தகைய சிதைவுகளின் மூலம் ஏற்படும் முறிவுகள் 90 சதவீதம். தவிர்ப்புச் சோதனைகள் தற்செயலாக ஓடும் மின்னோட்டங் களின் (stray currents) பேரில் போதுமான பாதுகாப்பு இல்லாமையில் உலோக உருளைகள் அரிப்பால் பாதிக்கப்பட்டிருப்பதைக் காட்டு கின்றன. இத்தகைய பாதுகாப்பை மேற்கொள்வது மிகக் கடினம். ஆனாலும் இந்தத் துறையில் விரிவான, முறையான பணிகள் மேற்கொள்வது தொடர வேண்டும்.



படம். 8-1. பணியிலிருக்கும் மின் சாதனங்களையும் வடங்களையும் சோதனை செய்தல்

தவிர்ப்பு நடவடிக்கைகளின் பொருட்டுச் சோதனைக்குட்படும் வட இணைப்புப் பணியிலிருந்து விடுவிக்கப்பட வேண்டும். இது எப்போதும் சாத்தியமல்ல. ஆகவே லெனின்கிராடு மின் அமைப்பு உள்ளிட்ட முன்னேறிய மின் அமைப்புக்கள், ஜி. ஷால்யிட் (79) அவர்களின் தொழில்நுட்ப ஆலோசனைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு எல்லாச் சங்க மின் நுட்ப ஆராய்ச்சிக் கழகம் சிபாரிசு செய்த முறையினைக் கையாளுகின்றன.

ஜி. ஷால்யிட் இயக்க அழுத்தத்தின் மா.மி. பகுதியின் மேல், நே.மி அழுத்தத்தைச் செலுத்துவதன் மூலம் இயக்கத்திலுள்ள வடங் களைச் சோதிக்கும் முறையைக் கூறினார். அந்த முறையைப் படம் *8-1* காட்டுகிறது. நேராக்கிய அழுத்த சோதனை அமைப்பு சோதனைக் காலத்திற்கு நில இணைப்பிலிருந்து விடுவிக்கப்பட்டு மின் மாற்றியின் நொதுமியுடன்(transformer neutral) இணைக்கப்படுகிறது. பிறகு சோதனை அழுத்தம் குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு உயர்த்தப்படுகிறது. அதே நேரத்தில் எல்லா இணைப்பின் பிரிவுகளின் மூன்று தறுவாய் களும் மின் மாற்றிகள், வடங்கள், உயர் அழுத்த மின் ஓட்டுப் பொறிகள், அளவீட்டு மின் மாற்றிகள் உள்ளிட்ட அனைத்தும் அதிக அழுத்தத்தில் சோதிக்கப்பட்டு விடுகின்றன.

தனியாக துண்டிப்பு உபாயத்தின் மூலம் மின் ஓட்ட மாற்றியின் இரண்டாம் சுருணைப் பாதையின் (zero-sequence circuit) சுழி-வரிசைப் பாதையைத் துண்டிப்பதால் ஒரு தறுவாயின் காப்பீடு முறிவு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. சோதனைப் பாதை அமைப்பு (test set-up circuitry) அலை முன் (wave-front) மின்னோட்டத்தையும் ஆரம்ப காலத்தையும் முனை (polarity) மின்னோட்ட பெறு எண்களையும் ஒப்பிட உதவுகிறது. சிதைந்த பாதைகளின் அளவீடு செய்த பண்புகள் நல்ல பாதைகளின் பண்புகளிலிருந்து மாறுபடும்.

சோதனைகளுக்கு மேற்கண்ட முறையினைப் பயன்படுத்தியபோது அதில் சில குறைபாடுகள் காணப்பட்டன. சாதனங்களின் தனிப்பட்ட பகுதிகளைச் சோதிப்பதற்கு மேற்கொள்ளும் அழுத்தத்தை விட குறைவான அழுத்தத்தைப் பயன்படுத்தல் தவறான பழக்கமாகும். அதனால்தான் லெனின்கிராடு வட இணைப்பு பணியாளர்கள் பெற்ற அனுபவம் பயனுள்ளவையாக இருக்கின்றன.

பணியிலிருக்கும்போதே சாதனங்களைச் சோதனை செய்வதின் அனு கூலம் பல இணைப்புகளைத் துண்டிப்பதிலும் ஏற்படுத்துவதிலும் ஏற்படும் எண்ணிக்கை குறைவு செலவினங்களைக் குறைப்பதேயாகும். சோதனைக்குப் பயன்படுத்தும் உபாயம் 24 கி.வோ அழுத்த அலை களைச் செலுத்த உதவுகிறது. ஒரு தறுவாயின் காப்பீட்டுக்குச் செலுத் தும் அதிகபட்ச அழுத்தம் 29 கி.வோல்ட்டு. இதைச் செலுத்தும் நேரம் 3 நிமிடங்கள். சாதாரணச் சோதனைகள் நிகழ்வது போல் இத்தகைய சோதனைகளில் கடத்தாமை முறிவு நிகழும் சாத்தியக்கூறு இரு மடங்கு குறைவு. ஆகவே வட இணைப்புக்களின் நிர்வாகத்தினர் கீழ்காணும் முடிவுக்கு வந்தனர். பணியில் சோதனை செய்தல்

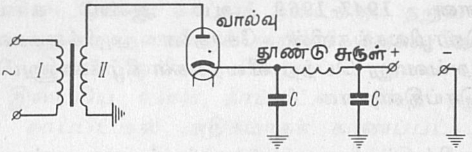
ஆண்டொன்றிற்கு மூன்று அல்லது நான்கு முறைகள் நடத்தப்பட வேண்டும். வடங்களைப் பணியிலிருந்து நீக்கி வழக்கமான சோதனைகள் செய்வது ஒவ்வொரு வடத்திலும் இரண்டாண்டுகளுக்கு ஒரு முறை செய்யப்பட வேண்டும். பின்னர் கூறிய வழக்கம் 24 கி.வோ போன்ற குறைந்த அழுத்தங்களால் சோதனை செய்வதை ஈடு செய்கிறது. ஏனென்றால் அவற்றை இப்போது அதிகரிக்க முடியாது. சோதனைத் தொடர்கள் அதிகரிக்கப்பட்டாலும் குறைந்த அழுத்த சோதனைகளில் இது தவிர்க்க முடியாதது. ஏனென்றால் நுட்ப, பொருளாதாரக் கண்ணோட்டத்தில் இவை நலமானவை.

1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள மின் வழங்கு மூலங்களைப் பொருத்தவரையில் காப்புத் தடை உயர் அழுத்தச் சோதனைகள் நன்கு மேம்படுத்தப்படவில்லை. ஆனால் சாதனங்களுக்கு இச்சோதனையின் அவசர தேவையை அனுபவம் உணர்த்துகிறது. மூலங்களின் சில பகுதிகளுக்கு இப்போதுள்ள விதிமுறைகளில் சோதனைகள் குறிப்பிடப்பட்டிருந்தும் அலகுகள் பற்றிய முரண்பாடுகள் நிலவுகின்றன.

1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள மூலங்களுக்குச் சோதனை அழுத்தங்களைத் தெரிந்தெடுக்கும்போது 1,000 வோ மேற்பட்ட இயக்கங்களுக்கான சோதனை முறைகளே பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். மா.மி ஏற்புச் சோதனைகள் குறிப்பிட்டபடி சோதனை அழுத்தத்தைப் போன்று அது 1.5 பங்கு இருக்க வேண்டும். 1,000 வோ கீழுள்ள மூல சாதனங்களுக்கான விரிவான தவிர்ப்புச் சோதனைகள் மூலங்களின் முதல் இயக்கத்திற்குக் குறிப்பிட்ட மா.மி அழுத்தங்களுக்குச் சமமான நேராக்கிய அழுத்தங்கள் மூலம் துவங்கலாம். சோதனைகளின் முதல் தொடரின் போது முறிவுகள் அதிகம் இருந்தாலோ அல்லது பழுது இல்லாமலேயே கடத்தாமை முறிவு பட்டாலோ சோதனை அழுத்தம் குறைக்கப்பட வேண்டும்.

சோதனை அமைப்பு எந்த மின் தொழிற் கூடத்திலும் இணைக்கப்படக் கூடும். படம் 8-2ல் சோதனை அமைப்பின் பாதையும் அலகுகளும் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன. தலைமை மின்னோட்டப் பாதையில் வோல்ட்டு மீட்டர் இணைக்கப்பட வேண்டும். இத்தகைய சோதனை அமைப்புக்களின் அனுபவம் சோதனை அமைப்புகள் ஆயத்தமாக இல்லாவிட்டாலும் கையாளுவதற்கு எளிதானவை; உயர் அழுத்தம் இருப்பதால் எச்சரிக்கையோடு செயல்பட வேண்டும் என்று காட்டுகிறது.

1,000 வோ கீழுள்ள மூலங்களில் உயர் அழுத்தச் சோதனைகள் செய்வது அவற்றின் நம்பகத்தினையும் பாதுகாப்பினையும் மேம்படுத்தும். அத்தகைய சோதனைகளோடு புயன்படுத்துவதற்கு மிகவும் எளிதான மெகர் கொண்டு காப்புத் தடைச் சோதனைகளும் செய்யப்பட வேண்டும்.



படம். 8-2. 1,000 வோ கீழுள்ள மின் வழங்கிகள், சாதனங்களின் காப்பீட்டுச் சோதனை

மின்மாற்றி விவரங்கள் : அழுத்தம் 3/0.2 கிலோ வோல்ட்டு, சத்தி 150 வோ ஆ (V A); உலோகம் (ஷ்) - 40, முதல் தொகுதி 6,200 சுற்றுக்கள் (0.65 மி.மி கம்பி கொண்டு), இரண்டாம் தொகுதி 9,600 சுற்றுக்கள் (0.5 மி.மி கொண்டு), கம்பி அடுக்குத் தடிமன் 40 மி.மி. நேராக்கி விவரம் : I_{sec}= மி. ஆ; Z4,500 ஓம்கள்; V_{prim} = 2.5 வோ; I_{prim} 1.75 ஆ.

தவிர்ப்புச் சோதனைகள் குறிப்பாக உயர் அழுத்தச் சோதனைகள் நிகழக்கூடிய முறிவுகளையும் எதிர்பாராத தடைகளையும் குறைக்கின்றன. ஆகவே பணியாளர்களின் அதிகப்பாதுகாப்பினை மேம்படுத்துகின்றன.

சோதனைகள் முறையாக ஏற்படுத்தப்பட்டால், உற்பத்தி முறைகள் முன்னேறினல், முழுமையாகச் சரிபார்த்தலும் இயங்கும்போது பழுது பார்த்தலும் மேம்பட்டால், முறிவு விகிதம் முறையாகக் குறையும்.

உயர் அழுத்த சாதனங்கள் மேல் செய்யும் இணைந்த தவிர்ப்புச் சோதனைகள், மின் சாதனங்களின் பாதுகாப்பிலும் இயக்கத்திலும் நம்பகத் தன்மையை மேம்படுத்தும் என்ற நம்பிக்கையிலேயே மேற்காணும் கருத்துக்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. 1,000 வோ கீழ்மட்ட அழுத்தங்கள் உள்ளிட்ட மின் வழங்கிகளில் மிக அனுகூலமான சோதனை நிலைகளையும் அலகுகளையும் உயர் அழுத்தச் சோதனைகளின் நோக்கினையும் செந்தரப்படுத்த வேண்டிய தருணம் வந்துவிட்டது.

8-3. 1,000 வோ கீழுள்ள பாதைகளில் மின் காப்பீட்டு தடையை அளவிடுதல்

இத்தகைய பாதைகளின் மின் காப்பீட்டுத் தடையை அளவிடுதல் பெருமெடுப்பிலான தவிர்ப்பு சோதனை ஆகும். அதிக அளவிலான பல்வேறு தொழிலகங்களில் பெற்ற சோதனை விவரங்களை அறிவது பயனளிக்கும். கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள முடிவுகள் 2 லட்சம் அளவீடுகளின் விளைவுகளாம்.

பொதுத்தகவல். செயல்பாட்டிலுள்ள விதிகளின்படி தறுவாய்களுக்கு இடையிலுள்ள காப்பீடும் தறுவாய்க்கும் நிலத்துக்கும்

இடையிலுள்ள காப்பீடும் சோதனை செய்யப்படுகின்றன. பெரும் பாலான தடை அளவீடுகள் உள்நாட்டுத் தயாரிப்பான 500 வோ மெகர்கள் மூலம் செய்யப்படுகின்றன. மூலப் பிரிவுகளின் காப்புத் தடை அளவீடுகள் தொழிலகங்களிலும் இயந்திரம் கட்டும் ஆராய்ச்சி கழகங்களிலும் வேதியல், உணவு உற்பத்தித் தொழில்களிலும் செய் யப் பட்டுள்ளன. 1947-1969 ஆம் ஆண்டு காலங்களுக்கான விவரங்கள் தொழிலகங்களின் சோதனை அறிக்கைகளில் காணக் கிடக்கின்றன. அவ்வாறு பெற்ற விவரங்கள் கீழ்க்காணும் முடிவுகளைப் பெறத்துணை செய்கின்றன.

1 மெகா ஓமிற்குக் குறைவான காப்புத் தடையுள்ள மூலங்களின் எண்ணிக்கை 1948-1957 ஆண்டுகளில் 5 சதவீதத்திற்குக் குறைவாக இருந்தது. 1957-1969 ஆண்டுகளில் 3.5 சதவீதமாகக் குறைந்தது. 10 மெகா ஓமிற்கு மேல் மின் காப்புத் தடையுள்ள மூலங்கள் 1947-1957 ஆம் ஆண்டுகளில் 78.6 சதவீதம், அது 1975-1980ல் 89.4 சதவீதத்தை அடைந்தது. சில தனிப்பட்ட தொழிலகங்களில், மின் மூலங்கள் ஈரமான, மிக ஈரமான இடங்களில் கையாளப்படும் பொழுதோ, பிரதிகூலமான நிலைகளிலோ, காப்புத் தடை 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழுள்ள பகுதிகள் 23 சதவீதமாகின்றன. விளக்குகளுக்கான மூடுகம்பிகளின் காப்புத் தடை, மின்வழங்குமூலங்களின் காப்புத் தடையைவிடக் குறைவானதாகும். இது மின் வழங்கு மூலங்கள் போதுமான கவனத்தோடு கையாளப்படுகின்றன என்பதை எடுத்துக் காட்டுகிறது.

தறுவாய்களுக்கு இடையேயான காப்புத் தடையைவிடத் தறு வாய்க்கும் நிலத்துக்கும் உள்ள தடை, முறுக்கு இணைப்புகளிலும் (splicing joints). சந்திப்புப் பெட்டிகளிலும் (cable junction boxes) உள்ள குறைந்த தடைகளால், குறைவாக் காணப்படுகிறது.

பொதுவாகக் காப்புத் தடையின் ஆய்வு சில தொழிலகங்களில் காப்பீட்டின் வளரும் தேவைகள் ஈடு செய்யப்பட்டு மின் வழங்குதலின் நம்பகத்தன்மையும் பாதுகாப்பு நிலைமைகளும் மேம்படுத்தப்பட்டு விட்டன என்று காட்டுகிறது. குறிப்பிட்ட எல்லைகளுக்குள் இருந்தாலும் தொழிலகத்தின் சராசரிக்கும் குறைவாகக் கடத்தாத் தடையுள்ள பகுதிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு நீக்கப்பட்டதால் இது சாத்தியமாயிற்று. கடும் விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் மின் காயங்களை முழுமையாக ஒழித்தலில் இவை பெயர் பெற்றன. ஆய்வு செய்த விவரங்கள் காப்புத் தன்மையின் கீழ்மட்டமான 0.5 மெகா ஓம் 5 மெகா ஓமாக (ஈரமான, மிக ஈரமான இடங்கள், கெடுதலான சுற்றுப்புற ஊடகம் உள்ள இடங்கள் தவிர வேறு இடங்களுக்கு) மாற்றப்பட வேண்டும் என்று காட்டுகிறது. இந்நடவடிக்கை முதலீட்டுச் செலவை அதிகரிக்காமல் சாதன நம்பகத்தன்மையை அதிகரிக்கக்கூடும்.

மிக ஈரமான இடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்களின் காப்பீடு. மிக ஈரமான இடங்களிலே பயன்படுத்தப்படும் மின் சாதனங்களின் காப்பீட்டுத் தடையின் விவரங்கள்பற்றி ஆராய்வோம். சோதனை செய்யப்பட்ட இடங்கள்: 38 குளியல் அறைகள், 11

சலவைச்சாலைகள், தோல் பதனிடும் சாலைகள் மற்றும் அவை போன்றன. இந்த நிலையங்களில் பொதுவாக உபயோகப்படுபவை மின் காப்பீட்டில் தொங்கப்பட்ட ரப்பர் சூழ் கம்பி. வழங்கு கருவிகளும் திறப்பான்களும் ஈர இடத்திற்கு வெளியே அமைந்துள் ளன. ரப்பர் சூழ் கம்பிகள் வாயு குழாய் மூலம் வந்தன. வழங்கு பலகைகள் பளிங்குக் கற்களில் பதிக்கப்படுகின்றன. அளவீடுகள் தறுவாய்களுக்கிடையிலான காப்புத் தடைக்கும் தறுவாய்க்கும் நிலத் துக்கும் இடையிலுள்ள தடைக்கும் குறிப்பிடத்தக்க வேறுபாட்டினைக் காட்டின. 10 மெகா ஓமிற்கு மேற்பட்ட தடை தறுவாய்க்கும் நிலத்திற்கும் இடையே உள்ள காப்பீட்டைவிடத் தறுவாய்களுக்கு இடையிலான காப்பீட்டில் அதிகமாகக் காணப்பட்டது. தறுவாய் களுக்கிடையேயான காப்பீட்டில் 52.11 சதவீதத்திலும் தறுவாய்க்கும் நிலத்துக்கும் இடையே உள்ள காப்பீட்டில் 25.06 சதவீதத்திலும் 10 மெகா ஓமிற்கு மேல் இருந்தன. காப்புத் தடை 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழ், தறுவாய்களுக்கிடையான தடைச் சோதனைகளில் 40.33 சதவீத நிகழ்ச்சிகளிலும் 63.41 சதவீதங்களில் தறுவாய்களுக்கும் நிலத்திற்கும் இடையே உள்ள காப்பீட்டிலும் காணப்பட்டன. இந்த இடங்கள் மின் மூலங்களில் 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழ் தடையுள்ளன வற்றில் 30-33 சதவீதம் இடம் பெறுகின்றன. சோதனை செய்யப்பட்ட தொழிலகங்களில் அது போன்ற பிரிவுகள் 7.8 சதவீதத்தைத் தாண்டவில்லை. பயன்படுத்தப்படும் சாதனம் மற்றும் கம்பியமைப் பைப் பொருத்துள்ள பரப்புக் கடத்தல் மூலம் காப்புத் தடை 1 மெகா ஓமிற்கும் கீழ் குறைவது விளக்கப்படுகிறது. அதி ஈரமான இடங்களில் காப்புப் பொருளின் மேல் வைத்த கம்பி அமைப்பு பொதுவாகக் கையாளப்படுகிறது. இவ்வகைக் கம்பி அமைப்பில் தறுவாய்களுக்கிடையில் மற்றும் தறுவாய்க்கும் தரைக்கும் இடையில் அமையும் காப்புப் பொருளின் பரப்புக் கடத்தல் குழாய்களில் செல்லும் அமைப்புகளைவிட அதிகமாகும்.

தவிர்ப்பு சோதனைகளின் பயன். பல ஆண்டுகளாகத் தனிப்பட்ட தொழிலகங்களின் மேல் நடத்தப்பட்ட பார்வையீடுகளிலிருந்து தவிர்ப்புச் சோதனைகளின் முறையான செயல்பாடும் மற்றும் அமைப் பும் அதிக காப்புத் தடையுள்ள பிரிவுகளை அதிகரிக்கவே செய்கின்றன என்று காட்டுகின்றன. அவ்வாறு சில தொழிலகங்களில் இல்லை யென்றால் அவற்றின் அமைப்பு ரீதியான குறைபாடுகளே காரணம். சமீபகாலம் வரை காப்பீட்டுத் தவிர்ப்புச் சோதனைகள் பெரிய தொழில்சாலைகளில்கூட இந்த அளவீடுகள் செய்தலைத் துணை வேலை யாக எப்போதாவது செய்யும் துறைகள் மூலம் செய்யப்பட்டன. அதனுல் அளவீட்டின் முடிவுகள் சரியாக ஆராயப்படுவதில்லை. பழுதுகளைக் கண்டுபிடித்தல் கவனிக்கப்படுகிறதில்லை. மிகக் குறைவான காப்புத் தடைகள் பல ஆண்டுகளாக மேலும் குறைவது காணப்பட்டும் காப்புப் பொருட்களை மாற்றுவதற்கு நடவடிக்கைகள் எடுக்கப் படவில்லை.

தொழிலகங்களில் வேலை செய்வோராலேயே தடுப்புச் சோதனைகள் செய்யப்பட்டுத் தவிர்ப்புப் பழுது பார்த்தல் சோதனைகளோடு செய்யப்பட்டால் அங்கு தவிர்ப்புச் சோதனைகள் மிக்க பயன் விளைக்கின்றன. அத்தகைய தொழில் அகங்களில் குறைவான காப்புத் தடையுள்ள மின் மூலங்கள் எண்ணிக்கையில் குறைந்துவருகின்றன. அவசர துண்டிப்பு வேண்டும் முறிவுகளும் அவ்வாறே குறைகின்றன. இத்தகைய உற்பத்திச்சாலை ஒன்றில் தவிர்ப்புச் சோதனைகள் நடத்திய பிறகு ஓராண்டில் மாற்ற வேண்டிய எரியிழை இணைப்புக்களின் எண்ணிக்கை 2.5 மடங்குகளுக்கு மேல் குறைந்தது. ஆனாலும் தவிர்ப்புச் சோதனைகளுக்குப் பிறகுக் காப்புத் தடையை அதிகரிக்கும் செயல்முறைகளை மேற்கொள்வது பொதுவான பழக்கம் அல்ல.

கிட்டத்தட்ட ஒன்று போலுள்ள இரண்டு தொழிலகங்களை ஆய்வோம். அவற்றில் ஒன்றில் காப்புத் தடை 100 மெகா ஓமிற்கு மேலுள்ள மூலப் பிரிவுகளில் 86.4 சதவீதம் தறுவாய்க்கும் நிலத்திற்குமுள்ள தடைகளும், 93.07 சதவீதம் தறுவாய்களுக்கிடையிலுள்ள தடைகளும் அடங்கும். மற்றத் தொழிலகத்தில் இவை முறையே 58.13 மற்றும் 63.44 சதவீதமாகும். கடத்தாத் தடை 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழ் இருப்பனவற்றில் முன்னதில் 2.20 மற்றும் 1.95 சதவீதம், பின்னதில் 4.42 மற்றும் 5.51 சதவீதம் (இருமடங்கு அதிகம்). இந்த வேறுபாட்டின் காரணம் என்னவென்றால் முதலாம் தொழிலகத்தில் தவிர்ப்புச் சோதனைகள் போர் முன் காலத்திலிருந்தே முறையாகவும் 1946லிருந்து முழு அளவில் ஆண்டுதோறும் செய்யப்பட்டு வந்திருக்கின்றன. பின்னதில் 1949 குப் பிறகுத்தான் அச்சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. அவையும் வெளியாட்களாலேயே செய்யப்பட்டன.

மின் வழங்கு மூலங்களின் பேணுதல் பற்றிய தேவையான நுட்ப பதிவு ஏடுகள் முன்னதில் சரியாக அடுக்கி வைக்கப்பட்டிருந்தன. கம்பி வடம், சாதனங்கள் பற்றிய பதிவுகள் அவற்றைப் பணியாளர்கள் சரிபார்க்க உதவின. இதனால் குறைந்த கடத்தாத் தடையுள்ள பிரிவுகள் குறைந்தன. உயிரிழப்பு விளைத்த காயங்கள் இது துவங்கிய 40 ஆண்டுகளாகக் காணப்படவில்லை. மின் அதிர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கை முறையாகக் குறைந்து வருகிறது. அவ்வாறு நிகழ்பவை மின் பணியாளர்கள் பாதுகாப்பு மற்றும் பேணுதல் விதி முறைகளை மீறுவதால்தான்.

மற்ற தொழிலகத்தில் மூலத்தின் காப்பீடு முறையாகச் சரிபார்க்கப்படவில்லை. மின் வடப் பதிவுகள் தாறுமாறுகச் செய்யப் பட்டிருந்தன. அளவீட்டு முடிவுகள் நன்கு ஆயப்படவோ காப்பீட்டை மேம்படுத்த நடவடிக்கைகள் எடுக்கப்படவோ இல்லை. தேவையான பழக்கங்கள், தொழிலகம் முழுதும் முறையான சோதனைகள் அபாயமான பகுதிகளைக் கண்டபின்னரே வலியுறுத்தப்பட்டன. உடனடியாகப் பயன் விளைந்தது. முன்னர் நிலத்தோடு காப்புத் தடை 100 மெகா ஓம்களுக்கு மேல் இருந்த மூலப் பிரிவுகள் 33.22 சதவீதம் இருந்தன.

மூன்ருண்டுகளில் இது 58.13 சதவீதம் ஆகிறது. அதேபோல நிலத்தோடு காப்புத் தடை 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழிருந்த பகுதிகள் பாதியளவு குறைந்தன. இந்தத் தொழிலகத்தில் உயிரிழப்பு விளேத்த ஒரு மின்காயமும் தற்காலிகச் செயலிழப்பு விளேத்த சில காயங்களும் ஏற்பட்டன. மின் பொறி ஒளிப் பாய்ச்சலால் ஓரளவு பார்வையிழந்த நிகழ்ச்சி ஒன்றும் நேரிட்டது. தவிர்ப்புப் பராமரிப்பு முறைகளேப் புகுத்தியதால் மின் காயங்களின் எண்ணிக்கை குறைந்தது. ஆளுலும் அவை நேரிடுகின்றன.

முதலாம் தொழிலகத்தில் புதியதாக அமைக்கப்பட்ட எரியிழை இணைப்பு ஆண்டொன்றிற்கு ஒருமுறை மாற்றப்பட வேண்டியிருந்தது. பின்னதில் ஆண்டுக்கு மும்முறை அது நிகழ்ந்தது. தவிர்ப்புச் சோதனே களும் பழுது பார்த்தலும் அவசர துண்டிப்புக்களின் எண்ணிக்கையைக் குறைத்தன.

மற்றுமொரு உதாரணத்தைப் பார்ப்போம். ஒரு பெரிய தொழிற் சாலேயில் சாதனங்களின் மேம்பாட்டிற்குப் பிறகு பல உற்பத்தி நிகழ்ச்சிகளின் தானியக்கம் அதிக மின் சாதனங்கள் பயன்படுத்து வதைத் தேவையாக்கியது. ஆளுல் மின்சாலே பணியாளர்களின் அளவு மாறவில்லே. விளேவாகப் பணியாளர்கள் செய்ய வேண்டிய அதிகப்படியான இயக்கங்களேச் செய்ய முடியவில்லே. முக்கியமான சாதனங்களின் காப்பீட்டின் தவிர்ப்புப் பராமரிப்பு பாதிக்கப்பட்டது. மேம்பாட்டிற்கு முன்னிருந்ததைவிட மூன்று முதல் நான்கு பங்கு சாதனங்கள் முறிவுபடும் இடர்ப்பாடுகள் ஏற்பட்டன. முழுமையாகச் சரிபார்த்தல், சாதாரண பழுது பார்த்தல்களுக்கும் மின்னேடிகளின் முறிவுகளுக்கும் உள்ள இடைவெளி சுருங்கியது. ஆகவே பள்ளங்களின் காப்பீடு சிதைவதாலும் சுருணேகளில் எண்ணெய்ப்பொருள் சேர்ந்து கொண்மம் குறைவதாலும் அச்சுத் தாங்கிகளின் (bearings) சரியற்ற அமைப்பினுலும் மின்னேடிகளில் பழுதுகள் அடிக்கடி நேரிடுகின்றன.

மேற்காணும் உதாரணம் மிகவும் அறிவுரை கொடுக்கவல்லது. மின் பராமரிப்புப் பணியாளர்களின் கண்டிப்பான எல்லேகளின் தேவையை அது உணர்த்துகிறது. அது சாதனங்களில் பழுது பார்த்தலால் உயர்ந்த முழுமையான செயல்பாட்டிற்குத் தேவையான நபர்களேக் குறிப்பிடும். மின் அபாயப் பகுதிகளே நீக்குவதற்கும் நம்பகமான இயக்கத்திற்கும் இது முக்கிய முன் தேவையாகும்.

கெடுதலான சுற்றுப்புற நிலேகளில் பயன்படுத்தப்படும் காப்பீட்டின் தவிர்ப்புப் பராமரிப்பு. ஒப்பு ஈரத்தன்மை 100 சதவீதத்தை எட்டும் சாலேகளுக்கும் பிற இடங்களுக்கும் இந்நிலேகள் குறிப்பிடப்படுகின்றன. இங்குள்ள மின் காப்பீடு வேதியல் ஆவிகளாலும் உயர்ந்த வெப்பத் தாலும் பாதிக்கப்படுகிறது.

முதலில் உதாரணமாக, தவிர்ப்பு சோதனேகள் முறையாகச் செய்யப் படும் தேவையான தொழில் நுட்ப பதிவுகள் சரியாக வைக்கப் பட்டிருக்கும் காப்பீட்டில் தேவையான மேம்பாடுகள் செய்யப்படும் ஒரு தொழிலகத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். கடத்தாத் தடை

உயர்ந்த மட்டத்திலேயே இருக்கிறது. 10 மெகா ஓமிற்கு மேல் காப்புத் தடையுள்ள மின் மூலங்கள் 68.61 சதவீதமாகும். இத்தகைய நடவடிக்கைகள் மேற்கொண்ட போதிலும் காப்புப் பொருளின் நிலையைச் சரிபார்த்த போதிலும் 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழ் காப்புத் தடையுள்ள பிரிவுகள் அதிகமாகத் தொழில் முழுவதிலுமுள்ளசராசரிக்கும் அதிகமாக உள்ளன. இந்தச் சதவீதத்தைக் குறைக்கும் முயற்சிகள் தோல்வியுற்றன. நடவடிக்கைகளையும் மீறி இத்தகைய இடங்கள் அதிகரித்தன: 1954ல் 1 மெகா ஓமிற்குக் கீழ் காப்புத் தடையுள்ள பிரிவுகள் 6.89 சதவீதம் (1951ல் அவை 6.24 சதவீதம்). இதன் காரணம் கெடுதலான சூழலில் பயன்படுத்துவதற்குப் போதுமானதாக (குறிப்பாக எடுத்துச் செல்லும் மின் கருவிகளிலும் தற்காலிக மூலங்களிலும்) கடினப் பொருள், வடங்கள், சாதனங்களின் தர மில்லாமையே.

வேதியல் தொழிலகங்களில் தாழ்ந்த காப்புத் தடை, மின் சாதனங்களின் உயர்ந்த முறைப் பராமரிப்பு மேற்கொண்டாலும் பிற தொழில் பிரிவுகளைப் போலல்லாது குறைவாக இருப்பதின் காரணம் பின்வருமாறு. வேதியல் தொழிலிடங்களின் கட்டுமானம், சாதாரணக்கடினப் பொருள்களையும் வடங்களையும் வைத்தே (நிலைகளுக்கு ஏற்ற தனி வடிவமைப்பு செய்யாது) நடைபெறுகின்றன. வேதியலால் பாதிக்கப்படும் நிலைகளில் சாதாரண சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவது, காப்புத் தடையின் விரைவான குறைவினையும் விளைவாக அபாய இடங்கள் தோன்றி மின் அதிர்ச்சிகள் உயர்வதையும் விளைவிக்கிறது.

வேதியல் தொழிலகங்களில் உயர்வான எண்ணிக்கையில் மின் அதிர்ச்சிகள், குறிப்பாக மின் அல்லாத பணியாளர்களுக்கு நேரிடுகின்றன. வேதியல் தொழிலின் முன்னேற்றத் தொழில் நுட்பத்திற்கு உயர்ந்த மின் அழுத்தங்கள் தேவைப்படுகின்றன. ஆகவே வேதியல் தொழிலில் பாதுகாப்பு பிரசினை முக்கியத்துவம் பெறுகிறது. இந்தத் தொழிலுக்கே உரித்தான சுற்றுப்புற நிலைகளுக்கேற்ப சிறப்பாக வடிவமைக்கப்பட்ட சாதனம், கடினப் பொருள், வடம், கம்பிகளைப் பயன்படுத்துவதன் மூலமே இப்பிரசினை முக்கியமாகத் தீர்க்கப்பட முடியும்.

8-4. 1,000 வோ கீழுள்ள மின்னோட்டப் பாதைகளில் குறைந்த மின் காப்புத் தடையுள்ள முக்கிய இடங்கள்

நாம் இப்பொழுது குறைந்த காப்புத் தடை பொதுவாகப் பரவியிருக்கும் இடங்களையும் அதன் காரணங்களையும் பார்ப்போம். காப்புத் தடை அளவீடுகள் மற்றும் சோதனைகள் பற்றிய பதிவேடுகளில் இந்த அல்லது அந்தப் பிரிவில் உள்ள குறைபாடு தொழிலகங்களில் குறிப்பிடப்படுவதில்லை. இந்தப் பிரச்சினைக்கு விளக்கம் பெற ஆசிரியர் 40,000 தொடர்ந்த அளவீடுகளைச் செய்ய வேண்டியிருந்தது.

1960 ஆம் ஆண்டுகளின் துவக்கத்தில் காப்புத் தடையின் மதிப்பில் குறைவு தரும் பொருட்கள் கடினப் பொருள்களேயாகும். இரண்டாம் அத்தியாயத்தில் 1975-1980 ஆண்டுகளில் மின் காப்புப் பொருட்களின் தாழ்வான தரத்தால் ஏற்பட்ட மின் காயங்களின் எண்ணிக்கை குறையத் தொடங்கியது என்று கூறப்பட்டுள்ளது. தவிர்ப்புச் சோதனைகளின் முடிவுகள் அதற்கு அத்தாட்சியாகும். துவக்கிகள் மற்றும் துவக்கிக் கட்டுப்பாட்டுச் சாதனங்களின் கடத்தாப் பொருட்களின் தரம் மேம்படுத்தப்பட்டது. ஆனாலும் துவக்கக் கட்டுப்பாடு மற்றும் துண்டிப்புச் சாதனங்களின் காப்புத் தன்மையை மதிப்பிட்டால் மின் சாதனங்களின் இதர பொருட்களைவிட அது குறைவாக இருப்பது தெரிய வரும். சிறிய அளவு மின்னோடிகளின் இறுதி முனை வடங்களுக்கும் (terminal leads) மற்றும் இதர வடங் களுக்கும் காப்பீட்டின் குறைந்த தரம் பொருந்தும். முக்கிய காப் பீட்டின் தடை (வளை கம்பியின் காப்பீடு) 80-100 மெகா ஓம்கள் வரை இருக்கும். வடங்களையும் கம்பிகளையும் உள் அமைப்பு பகுதி களையும் இறுதி இணைப்புகளையும் சுத்தம் செய்த பிறகு கடத்தாத் தடை அளவிட்ட பொழுது 90 சதவிகித நிகழ்ச்சிகளில் 100 மெகா ஓம்க்கு மேலிருந்து. மின் சட்டங்களிலும் இணைப்புக்களிலும் சாத னங்களை இணைக்கும் இடங்களில் காப்புத் தடை வெகுவாகக் குறைகிறது என்பதில் சந்தேகமில்லை. முக்கியமாக இந்தக் குறைவு பரப்புக் கடத்தலால் அதிகரிக்கும். இது தூசி மற்றும் ஈரத்தின் மூலம் ஏற்படுகிறது. ரப்பர் சூழ்ந்த கம்பிகள் ஈரமான இடங்களில் குழாய்களில் கொண்டு செல்லப்படும்பொழுது குழாய்களில் ஈரம் சேர்வதால் காப்புத் ,தடைவெகுவாகக் குறைகிறது. மூடுகம்பிகள் சுவர்களின் மூலம், தடுப்பு சுவர்களின் மூலம், சந்திப்பு பெட்டிகளின் மூலமும் செல்லும்பொழுதும் காப்புப் பொருள் சிதைவுற்றிருந்தாலும் நிலத்திற்குக் கடத்தப்படுதல் அந்த இடங்களில் அதிகரிக்கிறது.

1960ம் ஆண்டுகளின் நடுப்பகுதியில் இருந்து துவங்கினுல் உலோ கப் பலகைகளிலும் மற்றும் சட்டங்களிலும் வைக்கப்பட்டுள்ள சாதனங்களின் காப்பின் நிலை தரமான உலோகப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தியதால் மேம்பட்டுள்ளது.

பொதுவாக இந்த முடிவினை நாம் அடையலாம். "*கம்பியமைப் பின் முழுமையான பரிசீலனை (சிதைந்த காப்பு சாதனங்களையும் கம்பிகளையும் கண்டு நீக்கும் நோக்கத்தோடு), சாதனத்திலும் சந்திப் புக்களிலும் செய்யப்பட்டுள்ள இணைப்புக்களைச் சரிபார்த்தல், தூசி, எண்ணை போன்றவற்றை அகற்றுதல், அதாவது தொகுப்புகளையும் சந்திப்புகளையும் சட்டங்களையும் சுத்தமாக வைத்திருத்தல் இவை எல்லாம் சாதன இயக்கத்தின் நம்பகத் தன்மையையும் பராமரிப்பின் பாதுகாப்பினையும் மேம்படுத்தும்*".

சிறப்பு வடிவமைப்பு கொண்ட மின் சாதனங்கள். கெடுதலான சுற்றுப்புற நிலைகளில் பயன்படுத்தக் கூடிய மின் சாதனங்களின் சிறப்பு வடிவமைப்பின் குறிப்பிடத்தக்கப் பண்பு அதனது அதிகமான

காப்புத் தடையாகும். ஆனாலும் மூடுகம்பிகள், வடங்கள் உட்பட்ட எல்லா மின் சாதனங்களும் கெடுதலான சுற்றுப்புற விளைவுகளைத் தாங்கும்படி வடிவமைக்கப்பட்டால் தான் நல்ல முடிவுகள் கிடைக்க இயலும்.

தீய நிலைகளுக்குப் பொருந்தாத சாதாரண சாதனங்களைப் பயன் படுத்துவது கடத்தாத் தன்மையில் அதிகக் குறைவை விளைவிக்கும். சாதனத்தின் நம்பகத் தன்மையைப் பாதிக்கும். மற்றும் விபத்துக்களை உயர்த்தும். மெட்ஸிகர் கூறியபடி 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள மூலங்களில் நிகழும் விபத்துக்களில் 30 சதவிகிதம் சாதனக்கடத்தா தன்மை சுற்றுப்புற விளைவுகளுக்குப் பொருந்தாததாலேயே ஏற்படு கிறது.

எடுக்கப்பட்ட அளவீடுகளின் தடயங்களின்படியும் புதிய உயர்ந்த தரமான காப்புப் பொருட்களைக் கருதியும் இப்போதுள்ள காப்புத் தடையின் செந்தர மதிப்புக்களை உயர்த்துவது நல்லது. 65-70 சதவிகித ஈரத்தன்மை கொண்ட சாதாரண இடங்களுக்கு மூலப் பிரிவுகளில் அனுமதிக்கக்கூடிய காப்புத் தடை 380-220 வோல்ட்டு மின் அழுத்தத்தில் 10 மெகா ஓமாகக் கருத வேண்டும்.

அதிக ஈரத்தன்மை, நிலத்தோடு 220 வோல்ட்டு அழுத்தம் கொண்ட இடங்களில் பயன்படும் மின் சாதனங்களின் காப்புத் தடை இதுவரைக் கட்டுப்படுத்தபடவில்லை. இந்த நிலைகளில் குறைந்த பட்ச அனுமதிக்கத் தக்க காப்புத்தடை, புதிய காப்புப் பொருட்களைப் பயன்படுத்தும் கட்டத்தில் 0.5 மெகா ஓம் ஆக இருத்தல் வேண்டும்.

மின் சாதனங்களின் (மின்னோடிகள், பற்றவைப்புச் சாதனங்கள், எடுத்துச் செல்ல முடியும் கருவிகள்) காப்புத் தடையின் நிலையை மூன்று அல்லது ஐந்து ஆண்டு பணிகளுக்குப் பிறகு உற்பத்தியாளர் கண்டு அளித்த தடை குறைவைப் பற்றிய விவரங்களிலிருந்து மதிப்பிட வேண்டும். இந்த நிலையில் சராசரி தடைக் குறைவு சாதனத்தின் வகையினையொட்டி 30-40 சதம் இருக்கலாம். 50 சதம் கடத்தாத் தடை குறைவு அதிகபட்ச அனுமதிக்கும் மதிப்பாகக் கருதப்பட வேண்டும்.

காப்பீட்டின் தவிர்ப்பு சோதனைகள், உலோகப் பொருட்களைக் காப்புப் பொருள்களால் மாற்றுவது சாதன இயக்கப் பராமரிப்பின் நம்பகத் தன்மையை மேம்படுத்துகிறது என்று காட்டுகின்றன. ஆனு லும் இது எப்பொழுதும் செய்யப்படுவதில்லை. உலோக பிடி மானத்துடன் மேஜை விளக்குகளும் தரை விளக்குகளும் காப்புப் பூச்சு இல்லாமல் உற்பத்தி செய்யப்படுவதும் சிதைந்த காப்புப் பொருளினல் தற்செயலாக மின்சாரம் பெறக்கூடிய உலோகப் பகு திகள் வெளிப்படுகின்ற வீட்டு மின் சாதனங்களின் உற்பத்தியும் இன்னும் தொடருகின்றன. வீட்டுச் சாதனங்களின் உலோகப் பகுதிகள் நில இணைப்பு செய்யப்படுவதில்லை. ஆகவே காப்புப் பொருள்

சிதைவுறும்பொழுது அவை மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளோடு இணைக் கப்படுகின்றன; சிதைவைக் கண்டுபிடிப்பது கடினமாகிறது. இத்தகைய பகுதிகளைத் தொடக்கூடிய மனிதன் மின்னோட்டத்தை உணராமல் இருக்கலாம். ஆனால் அதே நேரத்தில் ஒரு தண்ணீர் குழாயையோ நீராவிக் குழாயையோ தொட நேரிட்டால் கடுமையான மின் காயம் ஏற்படும். இதுபோன்ற நிகழ்ச்சிகள் அறியப்பட்டுள்ளன.

நிகழ்ச்சி 8-1 ஒரு ஆறுவயதுப் பெண் படுக்கையில் தூங்கிக் கொண்டு இருந்தாள். மேலே சுவரில் ஒரு விளக்கு பொருத்தப்பட்டு இருந்தது. அந்த விளக்கின் பிடிப்பான் ஒரு உலோகத்தால் ஆனது. விளக்கின் மூல அழுத்தம் 127 வோல்ட்டு. இரவில் விழித்த அந்தப் பெண் விளக்கைத் திருக முயற்சித்தாள். பிடிப்பானை வலது கையால் தொடும்பொழுது கதிர்வீசி (radiator) அருகே அமைந்திருந்த கட்டிலின் தலைப் பகுதியை இடது கையால் பிடித்தாள். உடனேயே அந்தப் பெண் சத்தம் போட்டு உடனடியாக உயிர் இழந்தாள். அந்தப் பிடிப்பான் சரியாக இல்லை. கம்பியின் ஒரு பகுதி உலோக சுற்றுப் பகுதிகளோடு தொட்டுக் கொண்டு இருந்தது. இந்த விபத்திற்கு முன்னால் அந்தப் பிடிப்பானைத் தொட்ட பொழுது அபாயம் நேரிடவில்லை. ஏனென்றால் அந்தப் பெண் தரையில் நின்று கொண்டோ படுக்கையில் படுத்துக் கொண்டோ இருந்தாள். இப்போது ஒரே சமயம் அவள் பிடிப்பானையும் கதிர்வீசியின் மேல் தொட்டுக் கொண்டிருந்த கட்டிலின் தலைப் பகுதியையும் தொட நேர்ந்ததால் ஆபத்து நேரிட்டது.

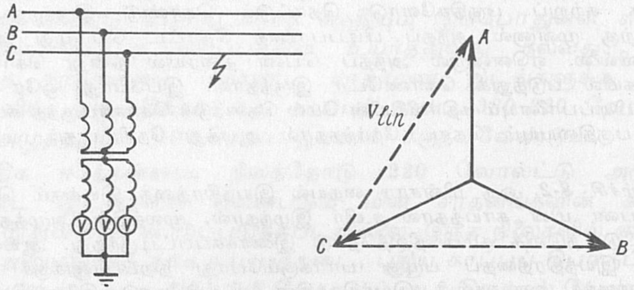
நிகழ்ச்சி 8-2. ஒரு மின்சார தையல் இயந்திரத்தை இயக்கும் பொழுது ஒரு பெண் மின் காயத்தால் உயிர் இழந்தாள். மூலத்தின் அழுத்தம் 220 வோல்ட்டு. நடுவிக் கம்பி நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருந்தது. ஆய்வுகளின் போது இயந்திரத்தைப் பழுது பார்க்கும்போது திறப்பானுக்குச் சென்று கொண்டிருந்த ஒரு கம்பி இயந்திரத்தின் சட்டத்தோடு இணைந்திருக்கிறது என்று தெரிந்தது. இந்தக் குறை வெளி வரவில்லை. பாதிக்கப்பட்டவர் கையால் இயந்திரச் சட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டு இருந்தார். அதே நேரத்தில் வியர்வையால் ஈரமான காலுறைகளைக் கொண்ட காலினால் வெப்பக் குழாயை மிதித்துக் கொண்டிருந்தார்.

மேல் இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் பூச்சு போன்ற சாதாரண காப்புப் பொருள் இரண்டு உயிர்களைக் காப்பாற்றி இருக்கும். கையாளப்படவோ தொடப்படவோ கூடிய எந்த மின் சாதனமும் குறைந்த அளவு தொடக் கூடிய உலோக பாகங்களையே கொண்டிருக்க வேண்டும் என்பது நன்கு விளங்கும். கீழ்க்காணும் முடிவுகள் சுய விளக்கம் தருபவை: ஈரமான இடங்களில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் அல்லது மோசமான நிலைமைகளில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்களும் வடங்களும் சந்திப்புகளும் மிகுந்த கவனத்தோடு சரிபார்க்கப்பட வேண்டும். கம்பி அமைத்தல், சாதன அமைப்பு போன்ற செயல்களை நன்கு மேற்பார்வை செய்வதன் மூலமும் மின் பாதுகாப்பு மேம்பாடு அடையும்.

8.5. தொடர்ச்சியான மின்காப்புத் தடையின் குறிப்பு

காப்பீட்டின் முறையான சோதனைகள் செய்யப்பட்ட போதும் வடத் தொடர்களிலும் மின் சாதனங்களிலும் துவக்கக் கட்டுப்பாட்டுக்

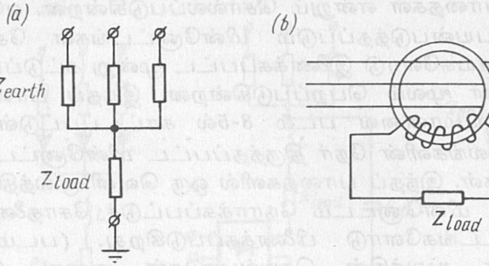
கருவிகளிலும் ஏனையவற்றிலும் பழுதுகளைக் காட்டும் அளவிற்குச் சோதனை முறைகள் போதுமானதாக இருந்தாலும் சோதனைகளுக்கிடையிலான இடைக்காலம் போதுமானதாக இருந்தாலும் பணியின் போது மின் அதிர்ச்சிகளைக் கொடுக்கக்கூடிய அளவிற்கு எதிர்பாராத சிதைவுகள் நேரிடாது என்று உறுதி கூற முடியாது. சோதனைகள் முடிந்த பின்னர் ஒரு நிமிடத்திலோ ஒரு மணியிலோ ஒரு நாளிலோ காப்புப் பொருளின் சிதைவு நேரிடலாம். மின் வழங்கு பாதைகளை அதிக ஏற்பாடுகள் மூலம் நம்பகமாக மாற்றக் கூடும். ஆனால் எப்படிப்பட்ட அதிக அளவும் முழுமையான மின் பாதுகாப்பிற்கு உறுதி கூற முடியாது. சாதனங்களின் இயக்கத்தின் போது தொடர் காப்பீட்டுச் சோதனை மனிதனுக்கு மின்காயம் விளைவதைத் தடுக்கவோ குறைக்கவோதான்.



படம். 8-3. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள காப்பு நொதுமி கொண்ட மின் வழங்களில் தொடர் காப்பீட்டுச் சோதனைக்கான படம் மற்றும் திசையுளிப்படம்

மின்காப்புத் தடையின் தொடர்ச்சியான சோதனை புதிய பழக்கமல்ல. 6 மற்றும் 10 கி.வோ அழுத்தங்கள் உள்ள உயர் அழுத்த மின் வழங்கு இணைப்புக்கள் வளர்ச்சியுற்ற காலத்தில் இது விரிவாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆரம்ப கட்டத்தில் இந்த மூலங்கள் காப்பிடப்பட்ட நொதுமியோடு இயங்கின. தொடர் சோதனையானது எளிதான முறையில் செய்யப்படுகிறது, 3 ஒரு தறுவாய் அழுத்த மின்மாற்றிகள் நட்சத்திர இணைப்பில் 1,000 வோல்ட்டிற்கு அருகில் செய்யப்படுகின்றன. 3 வோல்ட்டு மீட்டர்களோடு 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள சுருணைகள் இறுதியில் இணைக்கப்படுகின்றன (படம் 8-3). மூன்று தறுவாய்களிலும் காப்புத் தடை குறிப்பிட்ட எல்லைகளில் இருந்தால் வோல்ட்டுமீட்டர்கள் தறுவாய் அழுத்த மதிப்பையே காட்டும். ஏதாவது ஒரு தறுவாயில் கடத்தாமையில் பழுது நேர்ந்தால் அந்தத் தறுவாயில் நிலத்தோடு உள்ள அழுத்தம் குறையும். பழுதான இடத்தில் தடை 0 வாக இருந்தால் இந்த அழுத்தமும் 0 க்குக் குறையும். மற்ற இரண்டு தறுவாய்களில் நிலத்தோடு உள்ள அழுத்தம்

உயரும். இந்த இயக்கம் படம் 8-3ல் காட்டப்பட்டுள்ள திசையுளிப் படம் (vector diagram) மூலம் விளங்கும். மின் அழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் பழுதான தறுவாயின் காப்புத் தடையின் மதிப்பைப் பொருத்து அமையும். மின்னோட்டப் பாதையின் செயல் உணர்ச்சி வோல்ட்டு மீட்டர்களின் உள்தடையை ஒட்டியது. அவற்றின் தடை அதிகமானல் பழுதின் இடம் நன்ருகத் தெரியும். ஆனலும் மிக அதிகமான தடை தேவையில்லை.



படம். 8-4. சுழி வரிசை (zero-sequence) மின்னோட்ட வரைபடம்

இந்த முறையின் முக்கியமான குறைபாடானது ஒரே நேரத்தில், மூன்று தறுவாய்களிலும் ஒரே மாதிரி தடை குறைந்தால் அதைக் காண இயலாது. 1,000 வோ வரையுள்ள மூலங்களில் விரிவான தொடர் கடத்தாமை சோதனை மிகவும் சிக்கலானது.

என். ஓலேக்னேவிச் மற்றும் வி. யாசிநீ [54] அவர்கள்தான் தானியங்கு கடத்தாமை கட்டுப்பாட்டைப் பற்றி முதலாவதாக எழுதினர்கள். சுரங்க மின் இணைப்புக்களின் நிலை பற்றி அறிவித்த லையொட்டி சுவையான விவரங்கள் ஆர். லெய்போவ் கே. செலி கோவ்ஸ்கீ மற்றும் யூ. முருசாணவ் ஆகியோரால் பெறப்பட்டன. அவ்வாசிரியர்கள் பாதுகாப்பு மின்னோட்டப் பாதைகளை ஆராய முற்பட்டனர். வெளிநாட்டு ஆராய்ச்சியாளர்களாலும் அம்முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ்பட்ட அழுத்தங் களில் பலவகை பயன் அளிக்கும் இணைப்புக்களில் தானியங்கு கடத்தாமை கட்டுப்பாட்டின் விஞ்ஞான மேம்பாட்டைத் துவக்கப் போதுமான முயற்சிகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. ஒரு ஆசிரியர் (ட்ஸாபென்கோ) [.76] இந்தக் கட்டுப்பாட்டுப் பாதைகளைக் கீழ்க் காணுமாறு வகைப்படுத்தினர். அத்தகைய வகைபாடு நமது பார் வையிலும் சரியென்று ஒப்புக் கொள்ளக் கூடியதே.

(1) சுழி வரிசை முறை மின் ஓட்டங்களில் இயங்கும் பாதைகள். இந்தப் பாதைகளில் தனித்தனி தறுவாய்களில் சமமற்ற மறிப்புகள்

மூலம் நிலத்திற்குச் செல்லும் சுழி வரிசை மின்னோட்டம் பல வேறுபட்ட மின்னோட்ட அளவிகள் (asymmetrical current meters) (படம் 8-4a) மூலம் அல்லது தனியான சுழி வரிசை மின்னோட்ட மாற்றிகள் மூலம் (படம் 8-4b) தெரிந்தெடுக்கப்படுகின்றன. முன்னவை நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட இணைப்புத் தொடர்களில் பயன் படுத்தப்படுகின்றன; பின்னவை நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப் பட்ட திறன் மின்மாற்றி தொடர்களில் செய்யப்படுகின்றன.

(2) சோதனை செய்யப்பட்ட மூலங்களின் நேர்திருத்தப்பட்ட மின்னோட்டங்களில் இயங்கும் பாதைகள். இந்தப் பாதைகள் நேராக்கி கட்டுப்பாட்டுப் பாதைகள் என்றும் சொல்லப்படுகின்றன. ஏனெனில் இயக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின்னோட்டங்கள் சோதனைப் பாதையின் தறுவாய்களோடு இணைக்கப்பட்ட மூன்று கட்டுப்படுத்தப் பட்ட நேராக்கிகள் மூலம் பெறப்படுகின்றன. இந்தப் பாதைகளில் படங்களில் முக்கியமானவை படம் 8-5ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

(3) வெளி மூலங்களின் நேர் திருத்தப்பட்ட மின்னோட்டங்களில் இயங்கும் பாதைகள். இந்தப் பாதைகளில் ஒரு வெளி மூலத்திலிருந்து சக்தி பெறப்பட்ட மின்னோட்டம் நேராக்கப்பட்டுச் சோதனை மூலங் களின் மின்னோட்டங்களோடு பிணைக்கப்படுகிறது. (படம் 8-5). வழக்கமாக இந்த மூலத்தின் செயல்பாடுகள், ஒன்று, இரண்டு அல்லது மூன்று அரை அலை சுழற்சியில் (3-half-wave circuit) இணைக்கப்பட்ட நேராக்கிகளை உடைய குறை மின்மாற்றியால் செய்யப்படுகின்றன. சில குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சிகளுக்கு ஒரு நேர் அழுத்த மூலம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(4) தொழில் அலைவெண்ணிலிருந்து மாறுபட்ட அலைவெண்ணைக் கொண்ட மூலத்தின் மின்னோட்டங்களால் இயங்கும் பாதைகள் (படம் 8-5c).

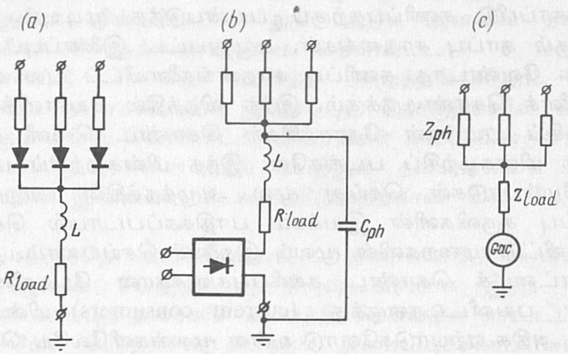
இந்நிகழ்ச்சிகளில் அதி அலைவெண் மின்னோட்டங்கள் சோதனை யிலுள்ள மூலங்களின் மின்னோட்டங்களின் மேல் செலுத்தப்படு கின்றன.

(5) பல்சேர்க்கை மின்னோட்டப் பாதைகள். இவை சுழி வரிசை மின்னோட்டப் பாதைகள், நேராக்கிக் கட்டுப்பாட்டுப் பாதைகள், வெளிமூலப் பாதைகள் இவற்றின் சேர்க்கைகள் ஆகும்.

தேவைப்படும்பொழுது இந்தப் பாதைகள் பல பெருக்கிகளையும் (amplifiers) ஒரு பாலத்தையும் ஒரு ஈடு செய்யும் கட்டுப்பாட்டையும் (bridge, compensation type of control) கொண்டு அமையும். இந்த அமைப்புக்கள் பாதை செயல்படும் கோட்பாட்டை விளக்குகின்றன. மேலும் விவரங்களுக்கு வாசகர் ஈ. ட்ஸாபன்கோ [76] அவர்களின் அறிக்கைகளைப் பார்க்கலாம். வெளிப்படையான அனுகூலமானது, வடிவமைப்பு கணக்கீடுகளுக்கு ஏற்ற பாதைகளின் சாதாரண ஆய்வு வருணனைகளே.

சுழி வரிசை மின்னோட்டங்கள் மூலம் கடத்தாமையைக் கணிப்பது காப்பீடு செய்யப்பட்ட இணைப்புக்களிலேயே இயலும். நேராக்கி

கட்டுப்பாட்டுப் பாதைகளின் இயக்கம் தொடர்ச்சியான காப்பீட்டுக் கணிப்புக்குப் பயன்படும்போது நிலத்தோடு தூண்டல் எதிர்வினைப்பு, கொண்ம எதிர்வினைப்பு ஆகிய தறுவாய்களின் பண்பினுல் நிர்ண யிக்கப்படுவதில்லை. காப்பீட்டின் விளைவு தடைகளின் (effective resistances) மாறுதல்களுக்கு மட்டும் கருவியின் செயல்பாடு வேறுபடும். மின்பாதை திறப்பு முறைகளும் கட்டுப்பாட்டுச் சாதனங்களும் தவருக இயங்கும் காரணங்களை ஆய்வு செய்த முதல் ஆசிரியர் ஈ. ட்ஸாபன்கோதான்.



படம். 8-5. வெளி மூலங்களின் நேர்திருத்திய மின்னேட்டத்தால் இயங்கும் மின்பாதைப் படங்கள்

ஆசிரியர் தவருன இயக்கங்களும் அதனுல் மின்சாரம் துண்டிக் கப்படுதலும் மாற்றக்கால அலைகளால் நிகழ்கின்றன என்றும் கீழ்க் காணும் சந்தர்ப்பங்களில் நிகழ்கின்றன என்றும் குறிப்பிட்டுள்ளார்:

(1) மின் வழங்கு மூலங்களின் தனிப் பிரிவுகளில் இணைப்பின் போது;

(2) இயக்க வழங்கு மூலத்தையோ காப்புக் கருவிகளையோ இணைக்கும் போது;

(3) சோதிக்கப்படும் மூலங்களையும் கணிப்புக் கருவிகளையும் ஒரே நேரத்தில் இணைத்தல்.

ஒரு கால உணர்த்தியைப் பயன்படுத்தினுல் பல தவறு இயக்கங்களை மீட்க முடியும்.

ஈ. ட்ஸாபன்கோ அவர்கள் நடத்திய மாற்றக்கால அலை ஆராய்ச்சி முடிவுகள் ஒரு பாதையைத் தெரிந்தெடுக்கவும் அது இயங்கும் நிலைகளைக் காணவும் அளவீட்டுச் சாதனங்களை நிலைப்படுத்தவும் அதிக அளவிற்கு உதவுகின்றன. நொதுமி காப்பீடு செய்யப்பட்ட பாதையின் வெளிப்படையான அனுகூலங்கள் நில சமிக்கையோடு கூடிய நேராக்கி கட்டுப்பாட்டு பாதையிலும் கிடைக்கின்றன. மிக எளிதாக இருப்பதால் இந்தப் பாதை கட்டுப்பாட்டுத் தேவைகளைத்

திருப்தி செய்கிறது; ஒலி மற்றும் ஒளி குறிப்புகளைக் கொடுக்கிறது; மற்றும் நிலத்திற்கான காப்பீட்டின் பொது தடையினை அளவிடச் செய்கிறது.

ஈ. ட்ஸாபன்கோ [76] ஒரு காப்பீட்டுத் தொடர் சோதனை மின் சுழற்சிப் படத்தை முன்மொழிந்தார். அதில் மூலத்தின் பழுது பட்ட பிரிவு துண்டிக்கப்படுவதற்கான வழிகள் உண்டு. இங்கு மேலே விவாதிக்கப்பட்ட காப்புத் தொடர் சோதனை மின்சுழற்சிப் படங்கள் அனைத்தும் காப்பு நொதுமியுள்ள மூலம் துண்டிக்கப்பட்ட போது காப்பீடு கணிப்பதற்குப் பயன்படுத்த முடியும். ஆனாலும் துண்டிக்கும் காப்பு சாதனங்கள், பழுதுபட்ட இணைப்புப் பிரிவினை துண்டிக்க வேண்டாத கணிப்பு சாதனங்களைவிடப் பல கூடுதலான தேவைகளைக் கொண்டிருக்கும். இந்த விதத்தில் பயனளிக்கக் கூடிய மின்சுழற்சிப் படங்கள் நேராக்கிகள் கொண்ட வெளி மூலத்தால் இயங்கும் மின்சுழற்சிப் படங்களே. இந்த மின்சுழற்சிப் படங்களில் சிறிய மேம்பாடுகள் செய்து மூல அழுத்தத்தின் மாறுதல்களால் பாதுகாப்பு கருவிகளின் இயக்கம் பாதிக்கப்படாமல் செய்யலாம். ஈடு அளவீட்டு முறைகளின் மூலம் இதனைச் செய்யலாம். துண்டிப்பு செயற்பாட்டைக் கொண்ட கணிப்புகளுக்கான யோசனைகள் முக்கியமான பயனீட்டாளருக்கு (current consumers) மின் வழங்கு பகுதிகள் அதிக ஏற்பாடுகளோடு உள்ள மூலங்களிலேயே செயல்படுத்தப்பட வேண்டும். மாற்று ஏற்பாடு இல்லாத மூலங்களில் திடீரென்று பயனீட்டாளர்களை அவசரத் துண்டிப்பு செய்வதால் ஏற்படும் தொழில்-பொருளாதார இழப்புகளையும் மற்றும் மூலங்களின் இயங்காத நிலையினால் (காப்புத் தடையின் குறைவினால்) ஏற்படும் இழப்புகளையும் ஒப்பிட்டே இதைச் செயல்படுத்த வேண்டும்.

இந்தத் தொடர் கணிப்பினால் ஏற்படும் முக்கியமான அனுகூலங்களைக் கண்டும் சோவியத் நாட்டில் இதை மேற்கொள்ளும் தொழிலகங்கள் குறைவே. இந்தக் கணிப்பிற்காகவே உற்பத்தி செய்யப்பட்ட சாதனங்கள் இல்லாமையும், அவற்றின் வடிவமைப்பும் உள்ள குறைபாடுகளுமே இதன் காரணம். இந்தத் தடையானது ஃபிரான்சு, ஆஸ்திரியா, பிரிட்டன், அமெரிக்கா போன்ற நாடுகளில் நீக்கப்பட்டுவிட்டது. அங்கு மின் சாதனங்களில் நிபுணத்துவம் பெற்ற உற்பத்தியகங்கள் பாதுகாப்பு சாதனங்களையும் சமிக்ஞை உபாயங்களையும் தொழிற்சாலை மின் சாதனங்களின் ஒரு பகுதியாக வழங்கு பலகைகளுடனும் துவக்கச் சாதனங்களுடனும் அளிக்கிறார்கள்.

8-6. மின் காப்புத் தரைகள் - நம்பகமான பாதுகாப்பு சாதனங்களாகும்

மின் விபத்துகளின் ஆய்வுகள் எல்லா மின் காயங்களிலும் 80 சதவிகிதம் மின்சாரப் பகுதிகளோடு ஒரு முனைத் தூண்டுதலால் நிகழ்கின்றன என்று வெளிப்படுத்துகின்றன. உயிருக்கு அபாயம்

விளக்கும் மின்பாதை பொதுவாகத் தரையின் மூலமே அமைகிறது. அதனுல்தான் தரைகளை நன்கு காப்பீடு செய்வதினுல் மின் விபத்துக்களின் அபாயம் குறைகிறது. 1927ல் எஸ். ஜெல்லினெக் அவர்களால் மின் விபத்துக்களை மதிப்பிடும்பொழுது தரைகளின் காப்புப் பண்புகளைக் கருதும் யோசனை கூறப்பட்டது. அவர் தொழிலகங்களில் மின்சாரம் கடத்தும் தரைகள் அதிக மின் விபத்துக்களுக்குக் காரணம் என்று கூறினர்.

30 ஆண்டுகளின் இறுதியில் இந்நூல் ஆசிரியர் ஜி. புர்சேவா அவர்களோடு லெனின்கிராடு மின் வழங்கு தொகுதியின் நிலையங்களிலும் துணை மின்நிலையங்களிலும் அதிக அளவில் தரைகளின் தடைத்திறனைச் சோதனைகள் மூலம் மதிப்பிட்டார். 6 மற்றும் 35 கிலோவோல்ட்டு போன்ற உயர்ந்த அழுத்தங்களிலும் காப்பீடு செய்யப்பட்ட தரைகள், நில இணைப்புத் தொகுதிகளின் எளிமைப் படுத்தலாகும் என்று வெளியிட்ட விவரங்கள் காட்டுகின்றன. பின்னர் ஜி. புர்சேவா தரைகளின் மின் கடத்தும் தன்மையைக் கணக்கில் கொண்ட நில இணைப்பைக் கணக்கிடுவதற்கான சில கெழுக்களைக் கொடுத்தார்.

அப்போதிருந்தே காப்பிடப்பட்ட தரைகளைப் பயன்படுத்தும் யோசனை ஆக்கம் பெற்றது. துரதிருஷ்டவசமாக இந்த யோசனை நேரடியாகக் காப்புத் தரைகளை உற்பத்தி செய்வதில் காட்டப்படாது, தரையின் மேல் கூடுதலான கடத்தா அமைப்புக்களைப் பயன்படுத்துவதிலேயே காட்டப்பட்டது. துணை மின் நிலையங்கள், மின் வழங்கு கருவிகள் அமைந்திருக்கும் தரைகளில் பலகை அமைப்புக்கள் கடத்தாப் பொருட்களின் மேல் வைக்கப்பட்டன. ஓரளவிற்கு மின் கடத்தும் தரையில் இருந்து பலகை அமைப்பு காப்புப் பொருள்கள் மூலம் தடுக்கப்பட்டிருந்தது. காப்பு விரிப்புக்கள் இன்னும் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மின்சார அறைகளையும் தாண்டி அவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தற்போதுள்ள கட்டுமானப் பொருட்களின் மின் இயல்பியல் பண்புகள் பற்றிய விவரங்கள் இல்லாததும் தரை கடத்தாமை நோக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய பொருள்கள் பற்றிய ஆராய்ச்சி இல்லாததும் இந்தக் குறைபாட்டின் காரணங்கள். தொழிற்சாலைகளுக்கும் மற்றும் வீடுகளுக்கும் இந்தப் பொருள்கள் மிகத் தேவை.

வீட்டுப் பயனீடுகளில் ஏற்பட்ட அதிகரிப்பு நில இணைப்பு செய்யப்பட்ட நொதுமியைக் கொண்ட 380/220 வோல்ட்டு மின் வழங்கு மூலத்தின் தேவையை ஏற்படுத்தியது. மின் காப்புத் தரையானது பயனுள்ள பாதுகாப்பாக மின் சாதனங்கள் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சமையல் அறைகளிலும் சலவை இயந்திரங்கள் கொண்ட குளியல் அறைகளிலும் தையல் இயந்திரம் வெற்றிட தூய்மிப்புச் சாதனம் போன்றவை பயன்படும் இடங்களிலும் பயன்படக் கூடும். ஆனுலும் காப்புத் தரைகளை அமைப்பது மிகவும் சிக்கலானது. கட்டுபவர்கள் மரவடிவைப் பயன்படுத்துவதை நிறுத்தி

விட்டார்கள். கான்கிரீட்டு கட்டுமான அமைப்புக்களையே பயன் படுத்துகிறார்கள். அவை நிலத்துடன் கடத்துதலை அதிகரிக்கின்றன. வீடுகளில் அதிக மின் விபத்துக்கள் நிகழ்வதற்குக் காப்புத் தரைகள் இல்லாமை ஒரு காரணம். சில உதாரணங்களை நாம் பார்ப்போம்.

நிகழ்ச்சி 8-3. ஒரு மின்சார சலவைப் பெட்டிக்கு இணைப்பு கொடுக்கும் பொழுது சமையல் அறையில் ஒரு பெண் மின்சாரத்தால் உயிர் இழந்தார். அந்தப் பெட்டியின் கூட்டோடு ஒரு கம்பி (Phase wire) தொட்டுக் கொண் டிருந்தது. மின் பாதையானது அவரது உடலின் மூலமும் ஈரமான தரையின் மூலமும் ஏற்பட்டது.

நிகழ்ச்சி 8-4. ஒரு மின்சார முடி உலர்த்தியால் ஒரு பெண் தனது முடியினை உலர்த்திக் கொண்டிருந்தார். அதனது வடமானது நன்கு காப்பீடு செய்யப்படவில்லை. அந்த வடத்தைத் தொட்டவுடன் மின்னோட்டத்தால் பாதிக்கப்பட்டார்.

நிகழ்ச்சி 8-5. ஒரு வாயு அடுப்பின் வெளிப் பகுதியைத் தொட்டவுடன் ஒரு மனிதர் மின்சாரம் பாய்ந்து இறந்தார். வாயுக்குழாய் ஒரு மின்சாரக் கம்பியின் வெளிப்பட்ட பகுதிகளோடு தொட்டுக் கொண்டிருந்தது. அடுப்பின் மூடிக்கும் தரைக்கும் இடையே உயிர்க் கொல்லி அழுத்தம் ஏற்பட்டது.

நிகழ்ச்சி 8-6. திருமதி கே. அவர்களின் வருந்தத்தக்க விபத்து அறிவுரைக்கக் கூடியது. ஒரு மின்சாரப் பொருத்தியின் துணை கொண்டு அவர் ஒரு வாயு அடுப்பைப் பற்றவைக்க முயன்றார். அந்தப் பொருத்தியை ஏற்கெனவே எரிந்து கொண்டிருந்த ஒரு திரியின் மேல் கொண்டு சென்றபொழுது அந்தப் பொருத்தியின் வடத்தின் காப்பீடு வெப்பத்தால் சிதைந்தது. இடது கையால் அடுப்பைத் தொட்டுக் கொண்டு இருந்த அந்தப் பெண் வலது கையால் சிதைந்த பாகத்தைத் தொட்டு 220 வோ அழுத்தத்தால் இறந்து போனார். தொட்ட இடத்தில் பூச்சும் இல்லை. உண்மையில் அடுப்பின் கூடு 380/220 வோல்ட்டு மூலத்தின் நொதுமி கம்பியோடு நன்கு இணைக்கப்பட்டிருந்தது.

நிகழ்ச்சி 8-7. ஒரு சலவை இயந்திரத்தின் சட்டம் நில இணைப்பு செய்யப் பட்டிருந்தது. ஒரு மனிதர் சலவை இயந்திரத்தின் மூடியின் மேல் ஒரு மின் அடுக்கை வைத்தார். அந்த மின் அடுக்கின் மேல் தண்ணீர் கொண்ட ஒரு சிறு பாத்திரம் வைக்கப்பட்டது. அந்தப் பாத்திரத்தை அடுக்கிலிருந்து ஒரு கையால் எடுக்கும் பொழுது அந்த மனிதர் இயந்திரத்தின் நிக்கலால் ஆன பகுதிகளைத் தொட்டார். உடனடியாக மின்சாரம் பாய்ந்து இறந்தார். பின்னர் மின்சார சூடாக்கியின் வெப்பமூட்டும் பொருள் வளைந்து தண்ணீர்ப் பாத் திரத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருந்தது என்று தெரிய வந்தது. சலவை இயந்திரத்தின் சட்டம் நில இணைப்பு செய்யப்படாது இருந்தால் உயிரிழப்பு நேரிடாது இருந்திருக்கலாம். ஏனென்றால் அந்த இடத்தின் தரைலினோலியத்தால் மூடப்பட்டிருந்தது.

மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகளின் விளைவாக ஒரு முடிவு வெளி வருகிறது. கடத்தாமையே பாதுகாப்பாகும்! உலோகக் குழாய்கள் வாயு மற்றும் தண்ணீர்க் குழாய்கள் மற்றும் வேறு உலோகப் பகுதிகளும் பூச்சு செய்யப்பட வேண்டும். மின் சாதனங்களின் மேல் பாகங்களின் காப்புப் பொருள்களால் செய்யப்பட்டிருக்க வேண்டும் அல்லது பூச்சு செய்யப்பட்டிருக்க வேண்டும். இறுதியாக ஆனால் மிக முக்கியமாகத் தரைகள் காப்புப் பொருள்களால் அமைக்கப்பட

வேண்டும்: கட்டுபவர்கள் மின் தொழில்நுட்பத் தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்வது மிக அவசரமானது அது நிர்மாணிக்கப்படும் கட்டிடங்களில் மின் பாதுகாப்பை மேம்படுத்தும். இதற்கு அவற்றின் தேவைகளையும் பயனீட்டையும் பற்றி அறிந்துகொள்ள வேண்டும். நாம் இரண்டு தேவைகளைப் பற்றி மட்டும் இங்கு கூறுவோம். தரைப் பொருளின் கொள்ளளவு தடைத்திறன் (specific volume resistivity); பூச்சுக்களின் பரப்பு தடைத்திறன்.

மின் பாதுகாப்பு நிலைகளை மதிப்பிடுவதற்கான மின்னோட்டங்களைத் தேர்வு செய்வதற்கான சிபாரிசுகள் பாதுகாப்பு சாதனங்களைப் பொருத்தமட்டில் ஏற்கெனவே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. தற்போது நமது கணக்கீடுகளுக்கு ஆரம்ப எரிச்சலூட்டும் நிலையான மின்னோட்டம் 1 மி.ஆ என்று எடுத்துக் கொள்வோம்.

மனித உடலின் மின்தடை 600 ஓம் என்று கொள்ளலாம். இந்தத் தடையானது மிகவும் பிரதிகூலமான நிலைகளையும் (அதாவது 100-150 சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்புள்ள ஈரமான தோலினுல் மின்சாரப் பகுதிகளைத் தொடுதல்) கணக்கில் கொண்டுள்ளது. மின்னோட்டப் பாதையில் உள்ள காலணி மற்றும் உடைகளின் தடையானது 0 என்று எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்தத் தடைகளில் கொண்மம் கருதப்பட்டாது. பின்னர் ஒரு முனை தீண்டுதலால் மனித உடலின் மேல் செல்லும் பாதையின் மின்னோட்டம் (நொதுமி நில இணைப்பு செய்யப்பட்டுள்ள பாதையில்) மனித உடலின் தடையினையும் தரையின் தடைத்திறனையும் பொருத்து இருக்கிறது. நொதுமியின் தடையானது மிகக் குறைவானது. தரையின் தடையின் சமனிப் பங்கு மிகக் குறைவானது. ஆகவே அவை இரண்டையும் கருத வேண்டியதில்லை. தரையின் மின் தடைத் திறனை நிர்ணயிக்கும் முறை ஆராய்ச்சி வருணிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த முறையைப் பயன் படுத்தித் தரையின் கடத்தா தன்மை மனிதன் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தொட அனுமதிக்கும் அளவிற்கு, பாதுகாப்பான தரையின் தடைத்திறனை நிலைநாட்டலாம் ஆராய்ச்சி [67] கண்டபடி இந்த மதிப்பு 10^4 ஓம்.மீட்டர்.

தரையின் மின் தொழில்நுட்பத் தேவைகளின் குறிப்புகள் பற்றிய பொதுக் கருத்துக்களை முடித்துக் கொள்வதற்கு முன்னுல் 1960ல் காப்புத் தரைகள் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்பட்டபொழுது அதனுடைய எதிர் பண்பு ஒன்றினைக் குறிப்பிட வேண்டும். அதுதான் தடைத்திறனின் மேல் எல்லை. மக்கள் (வீட்டு வேலைப், பெண்கள்) வாயு சாதனத்தையோ தண்ணீர்க் குழாய்களையோ தொடுவது ஒரு வலியூட்டும் குத்தும் உணர்ச்சியை ஏற்படுத்துவதாகப் புகார் செய்தார்கள். முதலில் தரை, சுவர், உலோகப் பகுதி போன்றவை, சிதைந்த வீட்டு இணை கம்பிகளின் கடத்தாமையால் நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்டு மின் அழுத்தம் தோன்றுவதாக மதிப்பிடப்பட்டது.

இந்தப் பொருளைக் கவனமாக ஆராய்ந்ததில் இந்நிகழ்ச்சிகளின் மூலம் வேறு ஒன்று தெரிந்தது. இந்த நிகழ்ச்சிகள் நடந்த இடங்களில்

தரைகள் லினேலியத்தால் மூடப்பட்டிருந்தன. அவை உலர்ந்த தன்மை கொண்டிருந்ததால் தரைகள் காப்புப் பொருளாக அமைந்தன. அளவீடுகளின்படி அந்தச் சந்தர்ப்பங்களில் தரையின் தடைத்திறன் 10^6 ஓம். மீட்டரையும் தாண்டி அமைந்தது. தரையின் மேல் உறையின் மேல் அடிக்கடி நடந்ததால் காலணி ஏற்படுத்திய உராய்வினுல் மனித உடலில் மின் சக்தி சேர்த்து வைக்கப்பட்டது. நிலத்தோடு இணைக்கப்பட்ட உலோகத்தைத் தொட்டவுடன் அந்த ஏற்றங்கள் நிலத்தில் பாய்ந்தது. அதனுலேயே அவ்வுணர்ச்சிகள் ஏற்பட்டன. ஆகவே தரை மிக அதிக கடத்தா தன்மை கொண்டிருப்பதும் ஒப்புக் கொள்ளக் கூடியதல்ல. ஆகவே குறைந்த பட்ச மின்சாரம் பாயும் பரப்பில் அனுகூலமான தடைத்திறன் (optimum specific resistivity) 10^5-10^6 ஓம் மீட்டருக்கு இடையில் அமைய வேண்டும்.

பரப்பின் தடைத்திறன் 10 செண்டிமீட்டர் அளவுள்ள நிலப் பரப்பில் 1 மெகா ஓம்-மீட்டரைத் தாண்டக் கூடாது. ஒரு சாதாரண எண்ணெ வண்ணப்பூச்சு கூட இந்தத் தேவையைப் பூர்த்தி செய்யும். தரையின் பண்புகள். தரையானது ஒரு முனேத் தீண்டல் நிகழ்ச்சிகளின் போது உலர்ந்த நிலேயில் இருந்தால் ஒரு நம்பகமான பாதுகாப்பாக அமையும். சிமிட்டி கற்காரையால் செய்யப்பட்ட தரை இதற்கு ஒரு விதிவிலக்காகும். அது உலர்ந்திருந்தால்கூட அனுமதிக்கும் அலகுகளுக்குக் கீழ் உள்ள தடைத்திறனேப் பெற்றிருக்கிறது.

ஒரு அறையில் உள்ள ஈரத்தன்மையும் தரையில் உள்ள தண்ணீரும் தடைத்திறனே வேறு வழியில் பாதிக்கின்றன. இந்த விதத்தில் மிகவும் பிரதி கூலமான முடிவுகள் சைலோலித் (xylolith) தரை விரிப்புக்களில் காணப்பட்டன. உலர்ந்த நிலேயில் சைலோலித் தரைகள் போதுமான மின் பாதுகாப்பு நிலேகளே உறுதிப்படுத்துகின்றன. ஆனுல் எவ்வளவு குறைவான ஈரத்தாலும் அதன் தடைத்திறன் நான்கு மடங்குகள் குறைகின்றன. ஈரமாக இருந்தால் சைலோலித் தரை அனுமதிக்கும் மதிப்பை விடப் பத்து மடங்குகள் குறைந்த தடைத்திறன் பெறுகிறது. சைலோலித் தரையின் அதிக கடத்தும் தன்மைக்குக் காரணம் அதில் ஈரத்தை உறிஞ்சிக் கொள்ளும் மக்னீசியம் குளோரைடு இருப்பதே. மக்னீசியம் குளோரைடும் ஈரமும் சேர்ந்து மின் கடத்தும் தன்மையை உயர்த்துகின்றன.

சமீப காலங்களில் சைலோலித் தரைகள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப் படுவதால் அவை முழுமையாகப் பரிசோதிக்கப்பட்டன. அந்த ஆராய்ச்சியின் முடிவுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தப் பத்தியின் துவக்கத்தில் குறிப்பிடப்பட்ட முறையைக் கொண்டு ஆயத்த சைலோலித் தரைகளின் மாதிரிகளின் மேல் சோதனேகள் செய்யப் பட்டன. அவற்றைக் கொண்டு கீழ்க்காணும் முடிவுகள் எட்டப்பட்டன.

மக்னீசியம் குளோரைடு இருப்பதினுல் சைலோலித் தரை ஈரத்தன்மையையொட்டி தடைத்திறன் அமையும் தரைகளேப் போன்றது. அறைகளின் உள்ளிருக்கும், அளவிற்கு அதிகமான ஈரத்தன்மைகள் கூடத் தரையின் தடைத்திறனே மின்காயம் விளேகின்ற

அளவிற்குக் குறைக்கும், ஆகையால் சைலோலித் விரிப்புகள் கொண்ட தரைகள் கடத்தப்படும் தரைகளாகவே கருதப்படவேண்டும். ஈரத்தை உறிஞ்சும் அதன் பண்பு சிறந்த சுகாதார பண்பாக இருக்கலாம். தடைத்திறன் மாறுபடும் எல்லையினை குறைக்க இயலும். சராசரி தடை பலவித ஹைட்ரோன்களை உதாரணமாக ஆல்கலேன், நாப்தனேட், பாரபின் போன்றவற்றைச் சேர்ப்பதின் மூலம் உயர்த்தப்படலாம்.

பலவகைப்பட்ட பொருள்களால் செய்யப்பட்ட தரைகளின் தடைத் திறனின் எண் மதிப்புக்கள், தரையின் பாதுகாப்பு பண்புகளை 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேற்பட்ட அமைப்புக்களில் பயன்படுத்த வேண்டிய தரைகளின் பண்புகளை நிர்ணயிக்கப் போதுமானவையல்ல.

முதலாவதாகத் தரை விரிப்புக்கள் தடைத் திறனுக்கும் மின் அழுத்தத்திற்கும் நேரற்ற உறவு கொண்டவை. அதாவது அழுத்தம் உயரும்போது தடைத்திறன் குறைகிறது. இந்தத் தொடர்பு 380/220 வோல்ட்டு மற்றும் அதற்குக் கீழ் உள்ளவைகளில் பயன்படுத்துவதைப் பாதிப்பதில்லை. ஆனால் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்தங் களில் அதன் பாதிப்பு காணப்படும். மேலும் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் மனிதனைப் பாதிக்கும் மின்னேட்டம் தரைக்கும் சுற்றுபுறத்திற் கும் உள்ள தடையின் கொண்மப் பங்கைப் பொறுத்து அமைகிறது. மாற்றகால அலைகளின் மின்னேட்டம் 380/220 வோல்ட்டு வரையில் குறைவாக இருந்தாலும் அதிக அழுத்தங்களில் அபாய எல்லைகளை அடைகிறது.

தடைத் திறனுக்கும் அழுத்தத்திற்கும் உள்ள நேரற்ற உறவும் மின்பாதையின் தடையின் கொண்ம பங்கும் குறைவாகவே ஆராயப் பட்டுள்ளன. இந்தப் பாதை பற்றிய போதுமான விவரங்கள் இல்லாது 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள அழுத்தங்களில் தரையில் பாதுகாப்பு பண்புகளை மதிப்பிடுவது கடினம். குறிப்புகளில் வருணிக் கப்பட்டுள்ள ஆராய்ச்சியும் அளவுகளும் இந்தப் பிரசினையைத் தீர்ப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்பட்டன.

உயர் அழுத்தத்தில் அளவீடுகள் செய்யும்பொழுது அழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பை எட்டும்பொழுது முறிவு நேரிடுகிறது. மின் பாதுகாப்பு நிலைகளை மதிப்பிடும்பொழுது இத்தைகைய முறிவின் சாத்தியம் கருதப்பட வேண்டும். முன்னல் ஆராய்ந்தபடியே அதே தரைகளிலேயே சோதனைகள் நடத்தப்பட்டன. தரையின் தடைத்திறன் அழுத்தம் உயர்ந்தபொழுது வெகுவாகக் குறைந்தது. இந்த வேறு பாடுகள் தரையின் பொருட்களையொட்டி மேலும் வேறுபடுகின்றன. தரை தடைத்திறனின் அதிகபட்ச வேறுபாடு கான்கிரீட் மற்றும் சைலோலித் தரைகளில் காணப்பட்டது.

சைலோலித்தால் மூடப்பட்ட தரை குறைவான கொண்ம எதிர் வினைப்புத் திறனுக்கும் அழுத்தத்திற்கும் நேரற்ற தொடர்பு, தடைத் திறனுக்கும் மின்சாரம் பாயும் காலத்திற்கும் அதிகமான நேரற்ற தொடர்பு ஆகிய பண்புகளைக் கொண்டது. தடைத் திறன் குறுகிய

கால மின்னேட்டத்திலும் வெகுவாகக் குறைகிறது. 1.6 கிலோவோல்ட்டிலும்கூட முறிவு நேருகிறது.

பிறவகைத் தரைகள் 6 கிலோவோல்ட்டு அழுத்தங்கள் வரை போதுமான தடைத்திறன் கொண்டுள்ளன; அவற்றின் மின் வலு அத்தகைய அழுத்தங்கள் பயன்படும் இடங்களில் பாதுகாப்பு முறைகளில் ஒன்றாக பயன்படுத்தக்கூடிய தன்மையை அளிக்கின்றன.

நிலக்கீலால் (asphalt) மூடப்பட்ட தரைகள் உயர்ந்த தடைத்திறனைக் கொண்டுள்ளன; காப்புத் தரைகளாகப் பயன்படுத்தும் வாய்ப்புக்கள் கொண்டன. இவை பரவலாக உபயோகப்படுத்தப் படாதது அவற்றின் இயந்திரவியல் குறைகளால்தான். ஆனுலும் நிலக்கீல் தரைகள் பல வெளி அமைப்புக்களிலும் மின்னூட்டி, குறைமின் மாற்றி துணைநிலையங்களிலும் 6 கிலோ வோல்ட்டிற்கும் குறைவான மின் அழுத்தம் கொண்ட இடங்களிலும் வண்டிகள் செல்லாத இடங்களிலும் பயன்படுத்துவதற்குத் தகுதியானவை.

பாதுகாப்பு காரணிகள். ஒரு தரை, பாதுகாப்பான பொருளாகக் கருதப்பட முடியுமா, அதன் பாதுகாப்புப் பண்புகள் யாவை, என்பன அதன் தடைத்திறனுல் நிர்ணயிக்கப்படும். இந்தத் தடைத்திறனின் அதிக பட்ச அளவை நிர்ணயிக்கும் கோட்பாடு ஏற்கெனவே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது. 1,000 வோ வரை அழுத்தமுள்ள அமைப்புகளுக்கு முழுமையாகப் பாதுகாப்புப் பண்புகளைக் காட்டக் கூடிய தரையின் தடைத்திறன் 10^5 - 10^6 ஓம். மீட்டர் ஆகும். ஆனுல் 1,000 வோ மேல் அழுத்தமுள்ள அமைப்புகளுக்கு அவை 10^7 - 10^9 ஓம். மீட்டர் ஆகும். இதுவரை விவாதிக்கப்பட்ட கட்டுமானப் பொருள்கள் யாவும் 1,000 வோ மேலுள்ள அழுத்த அமைப்புகளுக்குப் பொருத்தமானவையல்ல. ஆனுல் 1,000 வோ கீழுள்ள அமைப்புகளுக்குப் பொருத்தமான தரை விரிப்புக்கள் உள்ளன. தரைகளில் தடைத்திறன் பற்றிய விவரங்களும் அவற்றின் பௌதிகப் பண்புகள் பற்றிய அறிவும் நில இணைப்பினை வடிவமைக்க உதவுகின்றன; நிலத்தடை அதிகமாக உள்ள அமைப்புகளில்கூட மின் காயங்கள் ஏற்படாது இருக்க வகை செய்கின்றன.

வெளியமை துணை மின் நிலையங்களின் தரை விரிப்புக்கள் பற்றிய காப்புப் பண்புகளைக் கருத வேண்டியுள்ளது.

ஒரு 110 கிலோவோல்ட்டுத் துணை மின்நிலையத்தில் ஒரு குழுவின் நபர்களுக்கு நேர்ந்த விபத்தைப் புலனுய்வு செய்த போது வெளியமை துணை மின்நிலையங்களில், காப்புத் தரை அமைக்கும் யோசனை தோன்றியது. மிதி அழுத்தத்தினுல் விபத்து நேரிட்டது. இந்த அரிதான நிகழ்ச்சியை ஆராய்ச்சி செய்ததின் விளைவாக மனித நடமாட்டம் அடிக்கடி நடைபெறக்கூடிய துணை மின்நிலையப் பகுதிகளில் காப்பிடப்பட்ட வழிகளையும் பகுதிகளையும் அமைக்க யோசனை கூறப்பட்டது. நிலக்கீல் இத்தகைய பயனிற்குச் சிபாரிசு செய்யப்பட்டது.

ஒன்பதாம் அத்தியாயம்

1,000 வோல்ட் வரை உள்ள மின் அழுத்தச் சாதனங்களிலும் கட்டுமானங்களிலும் காப்பீடு பழுதுபடுவதால் ஏற்படும் அழுத்தத்தில் இருந்து பாதுகாத்தல்

9-1. 1,000 வோல்ட் கீழ் உள்ள அமைப்புக்களில் காப்பீடு பழுதுகள்

மின் சாதனங்களின் சட்டங்களிலும் கூடுகளிலும் அவை அமைக்கப்பட்டிருக்கும் கட்டுமானங்களிலும் மின் அழுத்தம் தோன்றுவது அந்தச் சாதனத்தின் காப்பீடு முழுவதுமோ ஓரளவோ சிதைவதனுலோ அல்லது அதனோடு தொடர்பு கொண்ட வடங்கள், மேல்நிலைத் தொடர்புகளின் பழுதுகளாலோ ஏற்படுவதுதான். இத்தகைய சிதைவினல் ஏற்படும் முறிவுகள் அந்த அமைப்பில் உள்ள மின் அழுத்தம் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலோ கீழோ இருப்பதைப் பொருத்தது. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள மூலங்களில் சாதனத்தின் சிதைவு குறுக்குப் பாதைகளை ஏற்படுத்துவதால் சாதனத்தைத் துண்டிக்க வேண்டிய அவசியம் நேருகிறது. மின்வடத் தொடர்களில் காப்பீடு பழுதுபடும்பொழுது இதே விளைவுகள் நேரிடுகின்றன. நவீன இணைப்புத் தொகுதிகளில் பழுதுபட்ட மின்வடம் துண்டிக்கப்பட்டு மின் சாரம் நல்ல நிலையில் உள்ள மின்வடங்கள் மூலம் செல்லும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மேல் நிலைத்தொடர்களைப் பொருத்த அளவில் 35 கிலோவோல்ட்டு வரையில் உள்ள அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தும் இணைப்புத் தொகுதிகளில் இத்தகைய சிதைவு மின் குறுக்கு முறிவை ஏற்படுத்த வேண்டும் எனும் அவசியம் இல்லை. பழுது நிகழ்ந்த இடத்தின் தடை உதாரணமாகக் குளிர் காலத்தில் அறுந்து விழுந்த ஒரு வெற்றுக் கடத்தி எப்போதாவது நில சமிக்ஞையை ஏற்படுத்தக்கூடிய மினனேட்டத்தை உண்டாக்குகிறது. 1,000 வோல்டிற்குக் கீழுள்ள மூலங்களில் காப்பீடு பழுதுபடுதலால் குறுக்கிணைப்பு (short) ஏற்படுவது மிகக் குறைவு. மேல்நிலைத் தொடர்களில் (380/220 வோல்ட்டு) இது இன்னும் குறையும்.

அட்டவணை 9-1ல் நிலத்தில் விழுந்த ஒரு வெற்றுக் கடத்தியின் நிலத்தடை அளவீடுகளில் முடிவுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. சிதைந்த காப்பீடு உள்ள கடத்தி தற்செயலாகத் தீண்டக்கூடிய வெவ்வேறு தரைப்பரப்புக்களின் தடைகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. 1959ல் வீ. கோஸ்லோவ், என். சீமா மற்றும் பலரால் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் இதோடு உடன்படுகின்றன.

என். சீமா 35 மீட்டர் நீளம் கொண்ட மிருதுவான நிலத்தில் வைக்கப்பட்ட வெற்றுத் தாமிரக் கடத்தியின் நிலத்தடை 120-200 ஓம்கள் என்று கண்டார். அதே கடத்தி வண்டிகளின் டயர்களால் நிலத்தில் அழுத்தப்பட்ட பிறகு தடை 8-14 ஓம்களுக்குக் குறைந்தது. கடத்தி தண்ணீருள்ள ஒரு குட்டையில் வைக்கப்பட்ட பொழுது தடை 3 ஓம்கள் என்று காணப்பட்டது. வீ. கோஸ்லோவ் வெற்று கடத்தி ஒன்று பனிப்பரப்பு உள்பட நிலத்தில் விழும்பொழுது இயக்க நிலைகளில் மேல்மட்டப் பாதைகளின் நிலத்தில் விழும் கம்பிகளின் நிலத்தடை 100-1,000 ஓம்கள் மற்றும் அதற்கு மேலும் என்று கண்டார்.

அட்டவணை 9-1

நிலத்தில் விழுந்த ஒரு வெற்றுக் கம்பியின் நிலத்தடை
(கம்பியின் நீளம் 30 மீட்டர், குறுக்களவு 16 சதுர மில்லி மீட்டர்)

	வருணனை	தட்பவெப்ப நிலை	சராசரித் தடை (ஓம்கள்)
1.	குறைந்த புல் உள்ள சேறுன நிலம்	மிகவும் ஈரமானது	101
2.	அதிக புல் உள்ள கருப்பான செழிப்பான நிலம்	ஈரமானது	167
3.	தோட்டத்தில் உள்ள ஈரமான நிலம்	உலர்ந்தது	583
4.	கருங்கல் பாதை	உலர்ந்தது	690
5.	தண்ணீர் உள்ள குட்டை, கருப்பு நிலம் சேறுன பரப்பு	உலர்ந்தது	28
6.	கீல் பாதை	ஈரமானது	653
7.	பனி (−12° C)	உலர்ந்தது	1000

அளவீடுகளின் முடிவுகளை மதிப்பிட்டால் 380 வோல்ட் மூலங்களில் ஏதோ சில நிகழ்ச்சிகளில் மட்டுமே ஒருமுனை பழுதுகளில் தடையானது பாதுகாப்பு இயக்க மின்னோட்டங்களைத் தோற்றுவிக்கிறது என்று காணலாம்.

ஒருமுனை நில மின்னோட்டங்கள் சில சமயங்கள் மிகக் குறைவாக இருந்தாலும் கடத்தி காப்பீட்டால் காக்கப்பட்டு இருந்தாலும் தரையிலுள்ள இக்கடத்தியைத் தொடுவது அபாயமானதாகும். மழை

காலத்திலோ ஈரமான சூழலிலோ அந்த அபாயம் மேலும் அதிகரிக்கிறது. பரப்பு கடத்தல் மூலம் காப்பீடு செய்யப்பட்டுள்ள கடத்தியின்பால் அழுத்தம் தோன்றக் கூடும். பல வேளைகளில் காப்பீட்டின் மேல் பகுதி மின்சாரம் பெறுகிறது. ஏனென்ருல் சந்திப்பு இடங்கள் பொதுவாக நன்கு காப்பீடு செய்யப்படுவதில்லை. பாதிக்கப்பட்டவர் உடல் மூலம் பாய்கின்ற மின்னேட்டத்தைத் தடுப்பது தொடு (contact) தடை ஒன்றுதான்.

நிகழ்ச்சி 9-1. லெனின்கிராடின் புறநகர்ப் பகுதி ஒன்றில் காற்ருந்து 380/220 வோல்ட்டு மூலங்களில் (நொதுமி நில இணைப்பு செய்யப்பட்டவை) மின்காப்பிகளின் மேல் தொங்கவிடப்பட்டிருந்த ரப்பர் சூழ்ந்த 16 சதுர மில்லிமீட்டர் கம்பியைக் கீழே இறக்கியது. கம்பி மின்சாரத்தோடு நிலத்தில் விழுந்தது. கம்பி ஒரு சகதியில் விழுந்தது; மோசமான காப்பீடு உள்ள ஒரு இணைப்பு அதில் இருந்தது; அந்த இணைப்பு சகதிக்கு வெளியே விழுந்தது. அப்பக்கம் சென்று கொண்டிருந்த பள்ளி மாணவர்கள் அதை எடுக்க முயன்றனர். அதைத் தொட்டவுடனேயே இரண்டு மாணவர்கள் காயமுற்றனர்; ஒருவன் உயிர் இழந்தான்.

நிகழ்ச்சி 9-2. காப்பீடு செய்யப்பட்டு இருந்த முறுக்கிய கம்பி ஒரு தோட்டத்தில் புல்லின் மேல் விழுந்தது. அந்தப் பக்கம் சென்று கொண்டிருந்த ஒரு பெண் அந்தக் கம்பியை எடுத்துப் பாதையில் இருந்து அகற்றினுர். வெப்பதட்பம் வறட்சியாக இருந்தது. கம்பியில் மின்சாரம் இருந்தாலும் அந்தப் பெண் அதிர்ச்சிக்குள்ளாகவில்லை. பழுதுபட்ட பிரிவு துண்டிக்கப்படவில்லை. மின் வழங்குதல் தொடர்ந்தது.

நீளமான அதிக குறுக்களவு கொண்ட வடத் தொடர்களில் (400 மீட்டரும் அதற்கு மேலும்) 250-400 ஆம் எரியிழைகளால் பாதுகாக்கப்படும்பொழுது மின் மூலத்திற்கு அருகிலேயே நிலத்தோடு தீண்டும்பொழுதுதான் பிழை நேர்ந்த பிரிவு துண்டிக்கப்படுகிறது. ஏனென்ருல் நிலத்தோடு மின்னேட்டம் பிழை இடத்தின் தடையாலும் வரையறுக்கப்படுகிறது. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள மூலங்களில் இந்நிகழ்ச்சிகள் வேறுபட்ட இயல்பினை கொண்டன. குறுக்கிணைப்பின் மின்னேட்டங்களின் அளவுகளுக்கும் பாதுகாப்பின் இயக்கத்திற்கும் வேறுபட்ட உறவுகளைக் கொடுக்கின்றன.

1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழும் மேலும் உள்ள அழுத்தங்கள் கொண்ட மூலங்களில் குறுக்கிணைப்பின் வெவ்வேறு பண்பு பின்னர் சொன்ன மூலங்களில் மேற்கொள்ள வேண்டிய மின் பாதுகாப்பு காரணிகளைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. விவரம் என்னவென்ருல் நிலத்தேடு ஏற்படும் தீண்டுதல் பழுது பகுதிகளில் மட்டுமல்லாது மின் ஆக்க நிலையங்கள் போன்ற மின் வழங்கு சாதனங்களிலும் நிலத்தோடு அழுத்தத்தை விளைவிக்கிறது. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்த மூலங்களில் பாதுகாப்பு இயக்கக் காலத்தில் மட்டும்தான் இந்த அழுத்தம் தோன்றுகிறது. 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் உள்ள அழுத்த மூலங்கள் கூடுகள், மூடிகள் மற்றும் அமைப்புக்கள் உலோகத்தால் இணைக்கப்பட்டுள்ள பல மின் சாதனங்களைக் கொண்டுள்ளன. ஆகவே இத்தகைய உலோகத்தால் இணைக்கப்பட்ட தொகுதிகள் முழுவதிலும் நிலத்

தோடு அழுத்தம் காணப்படுகிறது. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள மூலங்களின் அழுத்தத்தைவிட இந்த அழுத்தம் குறைவாகத்தான் இருக்கும். ஆனல் மனிதர்களுக்குக் காயம் ஏற்படும் சாத்தியக்கூறு அதிகமாகிறது. ஏனென்ருல் ஆபத்தான நிலேகளில் வேலே செய்யக்கூடிய நபர்களின் எண்ணிக்கை அதிகம். மற்றும் இந்த மின்னழுத்தம் அதிக நேரம் இருக்கிறது. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள அழுத்தங்களின் இணைப்புத் தொகுதிகளில் எல்லா மின் சாதனங்களுமே காப்பீட்டுப் பொருட்களினுல் ஆன உறைகளேக் கொண்டுள்ளன. ஆனல் 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் இணைப்புக்களில் சில சாதனங்களிலேயே அத்தகைய உறைகள் உள்ளன. மற்ற வேறுபாடுகளும் உண்டு.

காப்பீட்டின் பழுதுகளால் சாதனங்களின் பகுதிகளிலும் அவை வைக்கப்பட்டிருக்கும் உலோக அமைப்புகளிலும் உருவாகும் அழுத்தத்திலிருந்து மக்களேப் பாதுகாக்க 3 அடிப்படையான முறைகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. இவையாவன : நில இணைப்பு (1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலும் கீழும் உள்ள இரு மூலங்களிலும்), நொதுமி முனே தரை இணைப்பு (1,000 வோல்ட்டு வரையுள்ள மூலங்களில்), பாதுகாப்பு துண்டிப்பு (முக்கியமாக 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள மூலங்களில்).

இந்த முறைகளில் பயன்பாட்டில் உள்ள வேறுபாட்டைக் கருதி அவற்றை நாம் தனித்தனியாக 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலும் கீழும் இயங்கும் அமைப்புகளாகப் பிரித்து விவாதிப்போம்.

9-2. தரை இணைப்பு - வரையறைகளும் - பயன்களும்

தரை இணைப்பு என்பது ஒரு மின் சாதனத்தின் உலோகப் பகுதிக்கும் அதன் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளுக்கும் இடையே ஏற்படும் தீண்டுதலால் உலோகப் பகுதியில் மின்னழுத்தம் தோன்று வதால் காயங்கள் விளேயாது மனிதர்களேயோ விலங்குகளேயோ பாதுகாக்கும் முறையாகும். மின்பாதைக்கு அப்பாலுள்ள பொருட் களின் மேற்பரப்பின் மேல் காப்பீடு பழுதினுல் மின்னழுத்தம் தோன்றக் கூடும். ஆகவே மேற்கூறிய வரையறை நீளமாக இருந்தாலும் அது தரை இணைப்பின் பாதுகாப்பு காரணிகளேக் குறிப்பிடுகிறது. மின் சாதனம் அல்லது இணைப்புத் தொகுதியின் இயக்க அழுத்தத்தின் குறைப்பினுல் பாதுகாப்பு உறுதிபடுத்தப்படுகிறது. தரை இணைப்பு நில மின்வாய்கள் மற்றும் கடத்திகளும் கொண்ட ஒரு கருவியின் மூலம் செய்யப்படுகிறது.

ஒரு பொருளுக்கு நில இணைப்பு ஏற்படுத்துவது என்பது அந்தப் பொருட்களில் அல்லது தனிப்பட்ட சாதனப் பகுதிகளில் இடையேயும் தரை போன்று பயன்படும் நில மின் வாய்களுக்கு இடையேயும் ஒரு நம்பகமான கடத்தும் இணைப்பை ஏற்படுத்துவதேயாகும்.

தரைமின்வாய்கள் இயற்கையானதாகவோ செயற்கையானதாகவோ இருக்கலாம்.

தரை இணைப்பு நோக்கங்களுக்குப் பயன்படுத்தினல் தனது முக்கிய இயக்கம் பாதிக்கப்படாததும், போதுமான நிலையான தொடு பரப்பு தரையோடு கொண்டதுமான ஏதாவது உலோகக் கடத்தியே இயற்கையான தரைமின்வாய் என்று சொல்லப்படுகிறது. ஆகவே இயற்கையான தரை இணைப்பானது கடத்தக்கூடிய அரிப்பை எதிர்க்கக்கூடிய வெப்பத்தைத் தடுக்கக்கூடிய பூச்சுள்ள உலோகக் குழாய் அமைப்பின் மூலமாவது கட்டிடங்களின் உலோகப் பகுதியின் மூலமாவது தண்ணீர் பிடிப்பான்கள் மூலமாவது வடக்கம்பிகளின் உலோக உறைகள் மூலமாவது செய்யப்படக்கூடும். தரை இணைப்பு பிரச்சினைகள் விரிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளன. என். கோர்ஸ் *[22]* அவர்களின் நூல் அட்டவணை முக்கியமானது. எம். நெய்பீல்டு *[34]* ஏல். ஓசுலாங் *[35, 89]*, ஆ. யாகோபஸ் *[50, 55]*, ஆ. வோரோனிஞ *[22]*, வோல்கோவின்ஸ்கீ *[224]* மற்றும் கே. பிரிட்டாக் எழுதிய அறிக்கைகள் மிகவும் முக்கியமானவை.

ஆனுலும் நம்பகமான தரை இணைப்புக்களின் கணக்கீடு, வடிவமைப்பு, கோத்திணைப்பு இவற்றைப் பற்றி முரணுன கருத்துக்கள் நிலவி வருகின்றன. இந்தச் சர்ச்சை அகில உலகக் கருத்தரங்கில் *[215]* நடந்த விவாதங்களின் போது நன்கு வெளிப்பட்டது. பல நாடுகளில் ஆராய்ச்சியாளர்களது அறிக்கைகள் நில இணைப்புக்களில் கணக்கீடு மற்றும் வடிவமைப்பு பிரச்சினைகள் பற்றிக் கூறின. இந்த அறிக்கைகளில் கே. பிரிட்டாக், இசட், தெரிசியாக், ஜி. மார்க்கவிச், கே. வோல்கோவின்ஸ்கீ அவர்களுடையவை முக்கிய கவனத்தை ஈர்க்கவல்லன.

இசட். தெரிசியாக் அவர்களது அறிக்கை அழுத்தத் தொகுதிகளைப் பற்றிக் கருதாது நில இணைப்பின் வடிவமைப்பின் அடிப்படைக் காரணிகள் பற்றி பேசுகிறது. அவரது கூற்றுக்கள் சில சர்ச்சைக் குரியது. ஆனுலும் அவர்களது சோதனை விவரங்களும் புள்ளி விவரங்களும் சொந்தமானவை. தெரிசியாக் ஒரே நிலைகளில் காயத்தின் விளைவுகள் பெண்களிடத்தும் ஆண்களிடத்தும் வேறுபடும் என்று கூறுகிருர். அதே அறிக்கையில் மருந்து அகங்களிலும் சிகிச்சை அகங்களிலும் குறைந்த அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்துமாறு யோசனை கூறுகிருர்.

ஜி. மார்க்கவிச் அவர்களது அறிக்கை சிக்கலான நில மின்வாய்கள் பற்றி குறிப்பிடுகிறது. இவ்வாசிரியர் மிதி அழுத்த, தொடு அழுத்த கோடுகளில் உள்ள மாறுதல்கள் தற்செயல் அழுத்தங்களின் சாத்தியம் போன்ற தரை இணைப்புக்களுக்கு உள்ள தனிப்பட்ட அம்சங்களை வெளிக்கொணர்கிருர். இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் கீழ்க்காணும் உதாரணம் சரியாகத் தோன்றுகிறது.

நிகழ்ச்சி 9-3. ஒரு தூக்குப் பொறியானது ஒரு 380/220 வோல்ட்டு மின் தொடர்க் கம்பியை வாயுக்குழாய் அமைத்துக் கொண்டிருந்த இடத்திற்கு

50 மீட்டர் தொலைவில் முறிந்தது. அந்தக் கம்பி காப்பீடு செய்யப்படாத குழாயின் மேல் விழுந்தது. அந்தக் குழாயை இணைத்துக் கொண்டிருந்த நபர்கள் பாதிக்கப்பட்டனர். அவர்களில் இருவருக்குக் கடுமையான காயங்கள் ஏற்பட்டன. குழாய் அமைக்கப்பட்ட குழியில் உலர்ந்த மணல்படுக்கை இருந்தது. இத்தகைய விபத்துக்கள் வெளிநாடுகளிலும் அறிவிக்கப்பட்டுள்ளன. ஆகவே தற்செயல் அழுத்தப் பாதுகாப்பு கருத்தரங்கில் விவாதிக்கப்பட்டது.

கருத்தரங்கில் தெரிவிக்கப்பட்ட செயல்முறை யோசனைகள் குழாய் பாதைகள் உலோகப் பகுதிகள் போன்ற இயற்கையான தரை முனைகளைப் பயன்படுத்தலேயாகும்.

இரும்பு கற்காரை அடிப்பகுதிகளைக் கொண்ட நங்கூரங்களைப் (anchors of ferro-concrete footings) பயன்படுத்துவது பற்றி அறிக்கைகள் அந்தக் கருத்தரங்கில் ஜி. ஜீனேவிச் மற்றும் வீ. வோல்கோவின்ஸ்கீ என்பவர்களால் வெளியிடப்பட்டன. நெடு நேரம் பாயும் மின்னோட்டத்தின் செயல்பாட்டால் நில இணைப்பு அலகுகள் மாறுவது பற்றிய ஆராய்ச்சியின் முடிவுகள் வீ. போச்சாவ்ஸ்கீ என்னும் ஆசிரியரால் அறிவிக்கப்பட்டது. அவருடைய ஆராய்ச்சியில் அவர், ஆ. கொருசுன்ஸவ் மற்றும் எஸ். மார்க்கலவ் ஆகியோர் அடித்தளங்களாகப் பயன்படும் கற்காரையின் இயக்கவியல் பண்புகளின் மீது அலை மின்னோட்டங்கள் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் பற்றி கொடுத்த ஆராய்ச்சி விவரங்களைப் பயன்படுத்தியுள்ளார். இந்த விவரங்கள் 1958ல் "மின் நிலையங்கள்" எனும் பத்திரிக்கையில் (N- 8) வெளியிடப்பட்டுள்ளன

பரப்புத் தடைத்திறனைச் செயற்கையாகக் குறைத்தல் பிரச்சினைகள் பற்றி செய்த முதல் ஆராய்ச்சிக்குப் பின் பல ஆண்டுகள் கடந்து விட்டன. இந்தப் பிரச்சினை மீண்டும் முக்கியத்துவம் பெற்றுள்ளது. கே. வோல்கோவின்ஸ்கீ மற்றும் வீ. டோம்புரோவ்ஸ்கீ ஆகியோர் கால்சியம் சல்பேட்டை பயன்படுத்துவதால் மண்ணின் வெளிப்பரப்பு தடைத்திறனைக் குறைப்பது பற்றி சுவையான ஆராய்ச்சி நடத்தினர்கள். இந்த நூலாசிரியர் ஒரு உருளைவடிவத் தரைமின்வாயில் 2,000 கிலோகிராம் சோடியம் குளோரைடை கடத்தும் மண்ணுடனும் களி மண்ணுடனும் கலந்து பயன்படுத்தியபோது தரைமின்வாயின் தடைத்திறனில் நிலையான குறைவைக் கண்டார். தரைத்தடையானது 10 மடங்குகள் அளவிற்குக் குறைந்தது. வீ. வோல்கோவின்ஸ்கீயும் வீ. டோம்ரோவிஸ்கீயும் $0.5 - 0.9 . 10^4$ ஓம்-மீட்டர் தடைத்திறனுள்ள மண்ணில் ஜிப்சம் ஆன்ஹைடிரைட்டைக் கலந்தனர். விளைவாகத் தரைமின்வாயின் தடை 5 மடங்குகள் குறைந்தது; இந்தக் குறைந்த மட்டம் 6 ஆண்டுகள் இருந்தது. இவ்வாசிரியர்கள் பெற்ற பயனுள்ள முடிவுகள் மின்சாரம் பெறும் பாதைகளைச் சுற்றி நிலத்தடையைக் குறைப்பதற்கு ஜிப்சம் ஆன்ஹைடிரைட்டை உபயோகிக்கத் தூண்டின. ஆசிரியர்கள் கால்ஷியம் சல்பேட்டின் எளிய வடிவமைப்பும் குறைந்த செலவும் அதனது உபயோகத்தைப் பொருளாதார நோக்கில் சிறந்ததாக வளர்க்கும் எனக் கருதுகிறார்கள்.

இப்படிப்பட்ட முக்கியமான விவரங்கள் கிடைத்தாலும் விவாதிக்கப்பட்ட பிரச்சினைகளில் சில உறுதியாகத் தீர்க்கப்படவில்லை. அத்தகைய சர்ச்சைக்குரிய விஷயங்களில் சில கீழ்வருமாறு:

(1) கடத்தும் தன்மையின் கண்ணேட்டத்தில் மண்ணின் புவிமின் இயல் அமைப்பை மதிப்பிடுவதற்குச் செயல் சாத்தியமான முறைகள்;

(2) துணை மின்நிலையப் பகுதிகளில் இருந்து விரிவுபடுத்தப்பட்ட தரைமின்வாய்கள் மூலம் தற்செயலான அழுத்தங்களைக் கணக்கிடும் முறை;

(3) தற்செயல் அழுத்த மதிப்பின் மேல் மண்ணின் கடத்தும் தன்மையில் விளைவை மதிப்பிடல்;

(4) சிக்கலான மின்வாய்கள் போன்றவற்றிற்கான ஆரம்ப வடிவமைப்பு விவரங்கள்.

தரைமின்வாய்கள் பற்றிய புதிய விவரங்களின் தொகுப்பினை முடிக்கும்பொழுது டிரஸ்தென் தொழில்நுட்பப் பல்கலைக் கழகத்தின் (ஜி.டி.ஆர்) மின்நுட்ப அமைப்புக்களின் கழகத்தில் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சுவையான யோசனையை இங்கு குறிப்பிட விரும்புகிறேம். இந்த யோசனையின் ஆசிரியர் 100 மற்றும் 70 மில்லிமீட்டர் எஃகு சட்டங்கள் (steel buses) இரும்புக் கற்காரையின் கட்டுமான உறுப்புக்களில் புதைக்கப்பட வேண்டும் என்று கூறுகிறுர். அந்தச் சட்டங்களின் முனைகள் வெளியே கொண்டு வரப்பட்டுக் கோத்திணைப்பின் போது ஒன்ருகப் பற்றவைப்பு செய்யப்பட வேண்டும். தொழிற்சாலைகளில் வெளிக்கொணரப்பட்டுள்ள நீளவசமாக நிறுவப்பட்டுள்ள உறுப்புக்கள் உட்புற நிலச்சட்டத்தில் இணைக்கப்பட்டால் இந்த மின் பற்ற வைப்பு செய்யப்பட்டுள்ள சந்திப்புகளோடு சேர்க்கப்பட வேண்டும்.

வெடிக்கும் தன்மையுள்ள தீப் பற்றக்கூடிய நீர்மங்களையோ வாயுக்களையோ கொண்டுள்ள பாத்திரங்களோ குழாய்களோ இயற்கை தரை மின்வாய்களாகப் பயன்படுத்தப்படக்கூடாது.

செயற்கை தரைமின்வாய் என்பது நிலத்தோடு இணைப்பதற்கான போதுமான நிலையான தொடு பரப்புள்ள தரையில் புதைக்கப்பட்ட உலோகக் கடத்தியைக் குறிக்கும். 1.5 - 2.5 மீட்டர் நீளமும் 25-50 மில்லிமீட்டர் விட்டமும் உள்ள எஃகு குழாய்கள் இந்த நோக்கத்திற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இயற்கையான மற்றும் செயற்கையான தரைமின்வாய்கள் நிலத்தில் ஒரு உலோக எஃகு சட்டத்தின் மூலம் இணைக்கப்படுகின்றன. அதனுடைய குறுக்களவு தரை மின்வாய் இயந்திர வலுவின் மூலமும் நிலத்தோடு இணையும் மின்னேட்டங்கள் மூலமும் கண்டறியப்படுகிறது. இந்தக் குறிப்பிட்ட தொழில் பகுதிக்கு (தொழிற்சாலை, பழுதுபார்க்கும் சாலை, சோதனைச் சாலை போன்றவை) அமைக்கப்பட்ட பொதுவான எஃகு சட்டம் தரை இணைப்பு செய்யப்பட வேண்டிய சாதனத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. நிலத்தில் புதைக்கப்பட்ட சட்டங்களினல் இணைக்கப்பட்ட தரைமின்வாய்கள்

தொழிற் பிரிவிற்கான பொதுவான தரைச் சட்டத்தோடு தரை இணைப்புக் கடத்திகளால் அல்லது சட்டங்களால் இணைக்கப்படுகின்றன. அவற்றின் எண்ணிக்கை வடிவமைப்பு மற்றும் கட்டுமான காரணங் களால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. மின் சாதனத்தையும் புதைக்கப்பட்ட தரைமின்வாயையும் இணைப்பது நிலக்கடத்தியாகும். கட்டிடங்களின் உலோக அமைப்பு, உலோகக் குழாய்கள் போன்றவை இந்தப் பணியைச் செய்யக் கூடும்.

நொதுமிக் கம்பி என்பது மின்மாற்றி அல்லது ஆக்கப் பொறியின் நொதுமி முனையை நிலத்தோடு இணைக்கும் கடத்தியாகும். அது மூன்று தறுவாய் மற்றும் ஒரு தறுவாய் தொடர்களில் மின் திரும்பு கம்பியாகப் பயன்படுகிறது. நேர்மின்னோட்டத் தொகுதியில் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டுள்ள, நடுவில் வைத்திருக்கும் கம்பியானது நொதுமிக் கம்பியாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது.

மேலே கூறியுள்ள பொதுக் கருத்துக்கள் மின் சாதனங்களைப் பயன்படுத்தும் எல்லா இடங்களுக்கும் பொருந்தும்.

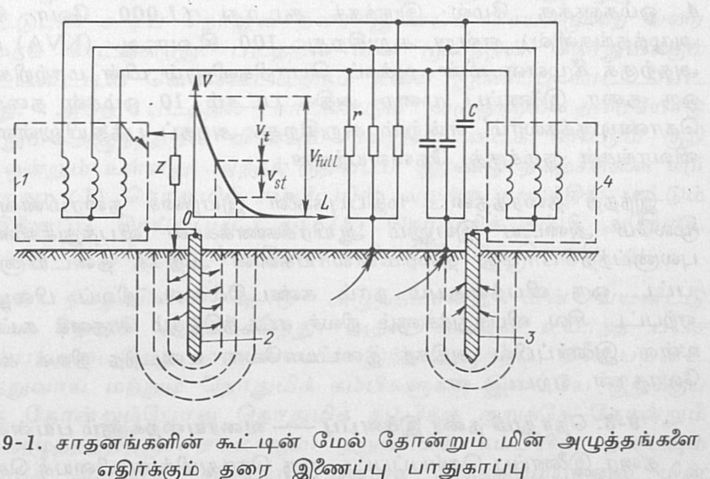
தரைப் பிழை (Earth fault) என்பது கட்டிடங்களின் உலோகப் பகுதியோடோ அல்லது நேரடியாகத் தரையோடோ ஏற்படும் தவறு தலான மின் இணைப்பு ஆகும். மின்சாதனப் பகுதிகளுடனும் தரைத் தொகுதியுடனும் வேண்டுமென்றோ தற்செயலாகவோ இணைப்புக்கள் இருப்பதோ அல்லது குறைந்த தரைத்தடை இருப்பதோ ஒரு நம்பகமான தரை இணைப்பு ஆகும். இயந்திரத்திலோ கருவியிலோ நேரடியாக ஏற்படும் காப்பீட்டின் பழுதினால் உண்டாகும் மின் குறுக்குப் பாதை வெளிக்கூட்டின் மின் குறுக்குப்பாதை என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. பெரும்பாலான நிகழ்ச்சிகளில் வழங்கு இணைப் புத்தொகுதியில் இருந்து மின் பயனீட்டாளரைத் துண்டிக்க நேரிடும் குறுக்குப் பாதையாக அது கருதப்படுகிறது.

"எந்தவொரு தரை இணைப்பு கருவியாலும் அடிப்படையான பொருள் தரைமின்வாயே. தரைமின்வாயின் தரம் தரைப் பரப்பின் தடைத் திறனையும் தரையோடு மின் அழுத்தம் வேறுபடுவதையும் பொருத்து அமைகிறது.

தரைமின்வாயின் தடையென்பது தரைமின்வாய்க்கும் "0" தடை யுள்ள "தரைக்கும்" இடையிலுள்ள தடையாகும். "தரை" என்பது தரைவாய்க்கு அருகிலுள்ள "0" அழுத்தமுள்ள தரைப்பரப்பாகும். வழக்கமாக இந்தப் பரப்பு எளிதான மின்வாய்க்கு 15 – 20 மீட்டர் தொலைவில் அமைக்கப்படுகிறது. தரைத்தடையானது தரை யோடு ஏற்படும் மிக அதிக அழுத்தத்திற்கும் மிக அதிக மின்னோட் டத்திற்கும் உள்ள விகிதமாகும். மிக அதிக அழுத்தமென்பது தரை மின்வாய்க்கும் தரைக்கும் இடையே ஓடும் மின் பாதையில் உண் டாகும் அதிகபட்ச அழுத்தமாகும். தொடு அழுத்தம் என்பது நில இணைப்பு செய்யப்பட்ட சாதனத்திற்கும் தரைப்பரப்பில் 0.8 மீட்டர் தொலைவிலுள்ள ஒரு புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள அழுத்த வேறுபாடு என்பதை நினைவில் கொள்வோம். மிதி அழுத்தம் என்பது நிலத்திற்கு

மின்னேட்டம் பாயும் பாதையில் 0.8 மீட்டர் இடை வெளியுள்ள இரண்டு இடங்களுக்கு இடையிலுள்ள மின் அழுத்த வேறுபாடாகும்.

வெளிப்புறத் துணை மின்நிலையங்களுக்கும் இணைப்பு (switch) அறைகளுக்கும் தனிப்பட்ட மின் பயனீடுகளுக்கும் இந்நிகழ்ச்சிகள் விரிவாகப் பொருந்தும். தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட சாதனத்திற்கும் அதிலிருந்து 0.8 மீட்டர் தொலைவில் தரையில் பரப்பில் வைக்கப்படும் ஒரு உலோகத் தகடுக்கும் இடையிலுள்ள தொடு அழுத்தம் தரையோடு உள்ள அழுத்தம் என்று சரியாகவே கொள்ளலாம். இது தொழிற்சாலை, பழுதுபார்க்கும் இடம் போன்ற தொழிலகங்களிலும் பல அடுக்குக் கட்டடங்களிலும் சரியாகவே இருக்கும். படம் 9-1ல் இத்தகைய காப்பு விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் ஒரு மூன்றுதறுவாய் மின் பயனீடு (மின் ஓட்டுப் பொறி, மின்மாற்றி, கருவி) இடது பக்கத்தில் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. வலது பக்கத்தில் நொதுமி நன்கு தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட மின் வழங்கி காணபிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின் பயனீட்டில் ஒரு காப்பீட்டுப் பழுது ஏற்படும் பொழுது மின்னேடும் பகுதி நில இணைப்பு செய்யப்படாத வெளிக்கூட்டுடன் மின் சாரத்தால் இணைக்கப்படும். அந்த உலோகக் கூட்டையோ அது அமைந் திருக்கும் கட்டுமானத்தையோ (தரை இணைப்பு செய்யப்படாதவை) தொடும் ஒரு மனிதன் தறுவாய் அழுத்தத்தையோ அதை ஒட்டியோ உள்ள தொடு அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள ஒரு வேறுபாடு காலணிக்கும் தரைக்கும் இடையே உள்ள தீண்டுதல் தடைகள் மூலம் ஒரு அழுத்தக் குறையை உண்டாக்கி, அழுத்தச் சாய்கோட்டில் ஒரு மாறுதலை உண்டாக்கும்.



படம். 9-1. சாதனங்களின் கூட்டின் மேல் தோன்றும் மின் அழுத்தங்களை எதிர்க்கும் தரை இணைப்பு பாதுகாப்பு

1- மின்சாரப் பயனீடு; 2,3- தரைமின்வாய்கள்; 4- மின் வழங்கு மூலம்; Z - மனித உடலின் பொதுத் தடை; V - நிலத்தோடு முழு அழுத்தம்; V_t - தொடு அழுத்தம்; V_{st} - மிதி அழுத்தம்; r - மின்காப்புத் தடை; C - தரையோடு கம்பியின் கொண்மம்.

ஆகவே இந்தப் பிரச்சினையானது அபாயமான அலகுகளையெட்டாத அழுத்தக் குறைவை உண்டாக்குகிற அளவிற்குக் குறைவான தடையை உடைய தரை இணைப்பு உபாயத்தை வடிவமைப்பதுதான் எனத் தோன்றுகிறது. பழுதான மின்னோட்டப் பாதை வழி செல்லும் மின்னோட்டம் மின் மூலத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள காப்புச் சாதனங்களை இயக்கப் போதுமானதாய் இருக்க வேண்டும்.

தொழிலிடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் தரை இணைப்புக் கருவி இயற்கை தரை கடத்திகளைக் கொண்ட (கட்டிடத்தின் உலோகப் பகுதி, அடித்தளத்தின் இரும்புப் பகுதி, தண்ணீர்க் குழாய் போன்றவை) ஒரு சிக்கலான தொகுதி. மனிதனைப் பாதிக்கக் கூடிய அழுத்தங்களைக் கணக்கீடுகள் மூலம் நிர்ணயிக்க இயலாது. ஏனென்றால் அது தொழிற்சாலையின் நிலத்தடைக்கும் மின் மூலத்தின் தரைத் தடைக்கும் உள்ள உறவு போன்ற பல காரணிகளைப் பொருத்தது. இந்த இரு தடைகளும் குறைவாக இருந்தால் இவ்வழுத்தமானது மின் வழங்கு அலகுகளையும் வேறு காரணிகளையும் பொருத்து அமையும். பல தொழிலகங்களில் சேகரிக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள், 1,000 வோ கீழுள்ள மின் மூலங்களைப் பொருத்தவரையில் தரைத் தடையின் துல்லியமான எண் மதிப்பீடு தேவையில்லை என்று காட்டுகின்றன. மேலும் இயற்கைத் தரைக் கடத்திகளுக்கான கணக்கீடுகள் மிகவும் கடினமானவை. அதனால்தான், மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமானங்களுக்கான விதிமுறைகள் நிலத்தடையின் எண் மதிப்பை அனுமதிக்கத்தக்க மேலளவை மட்டும் குறிப்பிடுகின்றன [98]. விதிமுறைகளின் பத்தி 1-7-41 'ஒரு தரை இணைப்பு முறையின் தடை 4 ஓம்களுக்கு மேல் இருக்கக் கூடாது (1,000 வோ கீழுள்ள அழுத்தங்களில்) என்று கூறுகிறது. 100 கி.வா.ஆ. (KVA) மற்றும் அதற்குக் கீழுள்ள மின் ஆக்கப் பொறிகளிலும் மின் மாற்றிகளிலும் ஒரு தரை இணைப்பு முறை அதிக பட்சம் 10 ஓம்கள் தடையைக் கொண்டிருக்கலாம்' என்றும் கூறுகிறது. அந்தப் பத்தியிலுள்ள இதர விவரங்கள் நமக்குத் தேவையற்றன.

இந்தத் தரைத்தடை மதிப்புக்களை இயற்கை தரைமின்வாய்கள் மூலமே அடைய இயலும் ஆயிரக்கணக்கான விபத்துக்களை நாம் புலனாய்ந்தபொழுது தரைமின்வாய்களின் அதிகத் தடையினால் ஏற்பட்ட ஒரு விபத்தையும் நாம் கண்டதில்லை. நிலப் பிழையினால் ஏற்பட்ட சில விபத்துக்களும் நிலச் சட்டத்திற்கும் சாதனக் கூட்டிற்கும் உள்ள இணைப்பில் அதிகத் தடையாலோ, உடைந்த நிலக் கம்பியாலோதான் ஏற்பட்டன.

9-3. நொதுமி தரை இணைப்பு — வரையறைகளும் பயன்களும்

தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட ஒரு நொதுமிக் கம்பியைக் கொண்ட நில இணைப்புத் தொகுதியை நிலக்காப்பின் ஒரு பகுதியான நோக்கை,

செயல் பாட்டிலுள்ள விதிமுறைகள் அறிமுகப்படுத்தியுள்ளன. ஆனால் இவ்வாசிரியர் இந்தப் பாதுகாப்புக் காரணிகளைத் தனித்தனியாகக் கையாளுதல் சரியென்று கருதுகிறார். நொதுமியை நில இணைப்பு செய்வதால் ஏற்படும் பாதுகாப்பு விதிமுறைகளில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இவ்விதப் பாதுகாப்பு கீழ்க்காணுமாறு வரையறுக்கப்படுகிறது.

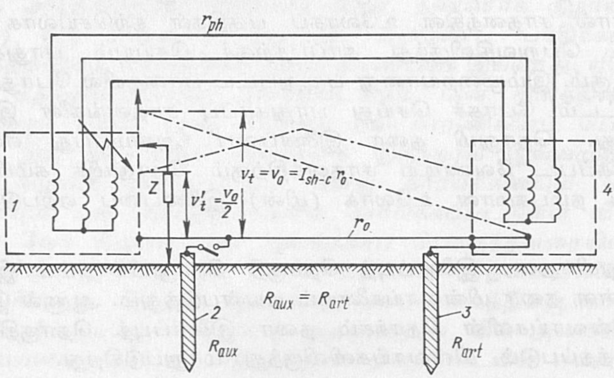
380/220 வோல்ட்டு அழுத்தம் உள்ள நொதுமித் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட இணைப்புத் தொகுதிகளில் நொதுமி நில இணைப்பு என்பது மனிதர்களையும் விலங்குகளையும் பல்வேறு வகை காப்பீட்டுப் பழுதுகளால் சாதனத்தின் உலோகப் பகுதிகள் தற்செயலாக மின் அழுத்தம் பெறுவதிலிருந்து காப்பதற்குச் செய்யும் பாதுகாப்பு முறை ஆகும். இம்முறையானது பழுதுபட்ட பாதையில் போதுமான மின்னோட்டம் போகச் செய்து பாதுகாப்பு சாதனங்களை இயங்க வைக்கிறது. 'நொதுமி தரை இணைப்பை' அமைப்பது என்றால் பாதுகாக்கப்பட வேண்டிய சாதனத்திற்கும் நொதுமிக் கம்பிக்கும் இடையே நம்பகமான உலோக (மின்) இணைப்பை ஏற்படுத்துவதாகும்.

நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதி நொதுமிக் கம்பி இணைக்கப்பட்டுள்ள தரை மின்வாய்களையும் பயன்படுத்தும். ஆனால் இந்தத் தரை மின்வாய்களின் நோக்கம் தரை இணைப்புத் தொகுதிகளில் பயன்படுத்தப்படும் மின்வாய்களிலிருந்து மாறுபடுகிறது.

நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்படுவதின் மூலம் பாதுகாப்பின் செயல்பாடு படம் 9-2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அது ஒரு மின் பயனீட்டுடன் கூடிய நொதுமி தரை இணைப்பு செயல்முறை வரைபடத்தைக் காட்டுகிறது. படத்தில் மின் மூலத்தின் நொதுமிக்கும் மின் பயனீட்டின் வெளிக்கூட்டிற்கும் உள்ள இணைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. அதே படத்தில் காப்பீட்டுப் பழுதினல் தரையோடு தோன்றும் அழுத்தத்தில் விளையும் வேறுபாட்டைக் காட்டும் குறிபடம் ஒன்றும் உள்ளது. அந்தக் குறிபடம் இரண்டு நிகழ்ச்சிகளை வர்ணிக்கிறது: (1) நொதுமிக் கம்பி மின் வழங்கு மூலத்தில் மட்டும் நில இணைப்பு செய்யப்பட்டது; (2) நொதுமிக் கம்பி அதோடு, மின் பயனீட்டு முனையிலும் கூடுதலான நில இணைப்பு கொண்டது.

முதல் நிகழ்ச்சியில் தொடு அழுத்தமானது மின் பயனீட்டு முனையை நோக்கி அதிகரிக்கிறது. அதன் கூட்டில் உயர்ந்த பட்ச மதிப்பை அடைகிறது. எண்ணளவில் இந்த அழுத்தம், மின் பயனீட்டில் தறுவாய் மற்றும் நொதுமிக் கம்பிகளுக்கு இடையே குறுக்குப் பாதை தோன்றும்போது நொதுமிக் கம்பிக்கு குறுக்கே தோன்றும் மின் அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். தறுவாய்க் கம்பியின் தடையும் நொதுமிக் கம்பியின் தடையும் ஒன்றாக இருக்குமேயானல் மின் பயனீட்டின் வெளிக்கூட்டில் குறுக்குப் பாதை அமைகின்றபொழுது

உருவாகும் தொடு அழுத்தம், வேறு துணையான தரை இணைப்பு பயன்படுத்தப்படவில்லையென்றால் தறுவாய் அழுத்தத்தில் பாதியாக இருக்கும். ஆனால் நொதுமிக் கம்பியின் தடை தறுவாய்க் கம்பியின் தடையைவிட அதிகமாக இருக்குமானால் தொடு அழுத்தம் தறுவாய் அழுத்தத்தின் பாதியைவிட அதிகமாக இருக்கும். தொடு அழுத்தம் நொதுமிக் கம்பியின் குறுக்களவை அதிகரிப்பதாலோ கூடுதலான தரைமின்வாய்களைப் பயன்படுத்துவதாலோ குறைக்கப்பட இயலும்.



படம்.9-2. மின் சாதனத்தின் மேல் தோன்றும் அழுத்தத்திற்கு எதிரான நொதுமி தரை இணைப்புப் பாதுகாப்பு

1- மின் பயனீடு; 2,3- தரைமின்வாய்கள்; 4- மின் வழங்கு மூலம்; Z- மனித உடலின் முழுத் தடை; V_0 நொதுமிக் கம்பியில் தோன்றும் அழுத்த வீழ்ச்சி; V_t- கூடுதலான தரைமின்வாய் இல்லாதபோது தொடு அழுத்தம்; V_t- கூடுதலான தரைமின்வாய் உள்ளபோது தொடு அழுத்தம்

நொதுமித் தரை இணைப்புத் தொகுதியின் மூலம் விளையும் பாதுகாப்பானது, நொதுமிக் கம்பியின் தடையைக் குறைப்பதன் மூலம் தொடு அழுத்தத்தைக் குறைப்பதனாலும் முக்கிய மின்வாய்க்கும் (மின் மாற்றியின் நொதுமி) கூடுதலான மின்வாய்க்கும் (பயனீட்டு முனை) இடையே உள்ள தொடு அழுத்தச் சாய்வை மாற்றுவதனாலும் ஏற்படுகிறது. அழுத்தச் சாய்வின் மாறுதல், கூடுதலான தரைமின் வாய்களை (குறைந்த தடையுள்ளவை) பயன்படுத்துவதன் மூலம் ஏற்படுகிறது.

நொதுமித்தரை இணைப்பைப் பற்றி மேலும் விவாதிப்பதற்கு முன்னால் விதிமுறைகளில் கண்டுள்ள சில முக்கியத் தேவைகளைக் குறிப்பிடுவது சரியென்று கருதுகிறோம்.

நொதுமிக் கம்பியின் கடத்தும் தன்மை தறுவாய்க் கம்பியின் கடத்தும் தன்மையின் 50 சதவிகிதத்திற்கும் குறைவாக இருக்கக்கூடாது. மேல் நிலைத் தொடர்களைப் பொருத்தவரையில் நொதுமிக் கம்பி

யானது ஒவ்வொரு 250 மீட்டர் தொலைவிலும் கம்பங்களின் அடிப் பொருள் எவ்வாறிருந்தாலும் கூடுதலான தரைமின்வாய்களில் இணைக் கப் பட வேண்டும். தொடர்ப் பிரிவுகளிலும் இறுதியிடங்களிலும் 200 மீட்டர் நீளத்திற்கு மேலிருந்தால் இதேவகையான கூடுதலான தரை இணைப்பு செய்யப்பட வேண்டும். ஒவ்வொரு கூடுதலான தரைமின்வாயின் தடையும் 10 ஓம்களுக்கு மேற்படக் கூடாது. மின் ஆக்கப் பொறி மற்றும் மாற்றிகளின் நிலத்தடை 10 ஓம்களாக இருக்கும் இடங்களில் கூடுதலான தரை மின்வாயின் தடை 30 ஓம்களாக இருக்கலாம்.

மின் இணைப்புத் தொகுப்பில் ஏற்படும் குறுக்குப் பாதை மின்னேட்டம் அருகுள்ள எரியிழையிணைப்பின் (fuse link) சாதாரண மின்னேட்டத்தைப்போல் மூன்று பங்காக இருக்க வேண்டும். அல்லது மின்னேட்டத்தின் மாறு விகிதத் தொடர்பில் இயங்கும் தானியங்குத் திறப்பானின் சாதாரண மின்னேட்டம் போன்று மூன்று மடங்குகள் இருக்க வேண்டும்.

மின் காந்தக் குறுக்கீடுகள் (interrupters) மட்டும் உள்ள தானியங்கிகள் (automatic switches) மூலம் பாதுகாப்பு மேற்கொள்ளப்பட்டால், உடனடி இயக்க மின்னேட்டத்தோடு பரவு (scatter) காரணி (தொழிற் சாலையைப் பொருத்தது) மற்றும் எல்லாக் காரணியின் (1.1) பெருக்குத் தொகைக்கும் ஒப்ப தறுவாய்-நொதுமிப்பாதையில் குறுக்குப் பாதை மின்னேட்டம் ஓடுகின்ற அளவு கடத்தி தெரிந்தெடுக்கப்பட வேண்டும்.

நாம் இப்போது நொதுமித் தரை இணைப்பு விதிமுறைகளை விவாதிப்போம்.

மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகளின் இன்றைய பதிப்பில் நொதுமிக் கம்பியில் காணப்படும் அனுமதிக்கக் கூடிய அழுத்தங்கள் பற்றிய நேரடியான குறிப்புக்கள் யாதும் இல்லை. பத்தி 1-7-32ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள இதர அலகுகளைக் கொண்டு இதன் மதிப்பு 125 வோல்ட்டு என்று கொள்ளலாம்.

நொதுமிக்கம்பி அழுத்தத்தின் எல்லை குறிப்பிடப்பட்டுள்ளதால், நொதுமிக்கம்பியின் தரைமின்வாய்களின் வேறுபட்ட எண்ணிக்கை மற்றும் இடங்கள் மூலம் அதன் சாய்வு எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்று காண்பது முக்கியமாகிறது.

மேலே கூறிய தேவைகளின்படி தறுவாய்க் கம்பியின் குறிப்பிட்ட குறுக்களவையொட்டியுள்ள நொதுமிக்கம்பித் தடைத்திறன் கீழ்க்காணும் நிபந்தனைக்கு உட்பட வேண்டும் (எரியிழை இணைப்புக்களைப் பொருத்தவரையில்)

$$I_{sh} - C = V_{sup}/Z = 3\ I_{load} \quad (9\text{-}1)$$

இங்கு V_{sup} என்பது மின் வழங்கு அழுத்தம்; Z என்பது தறுவாய்க் கம்பி — நொதுமிக் கம்பிப் பாதையின் மறிப்பு.

இந்த நிபந்தனை பழுதுப்பகுதியைத் துண்டிக்கத் தேவையானது. நொதுமிக்கம்பி அழுத்தம் (அதோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள எல்லாப்

பொருட்களின் அழுத்தம்) 125 வோல்ட்டு என்று எடுத்துக்கொள்ளப் படுவதால் இந்த நிபந்தனையை எப்படி திருப்திப்படுத்துவது என்று பார்க்க வேண்டும். ஏனென்றால் தரை இணைப்பு நொதுமியோடு சாதனப் பகுதிகளின் அதிக அழுத்தம் நெடுநேரமாகப் (காப்புப் பழுதுகளால்) பாதுகாப்பான இயக்கத்தைப் பாதிக்கும் வகையில் நிலவக்கூடும். இந்த நிகழ்ச்சியில் தரையில் மின்னோட்டம் ஏதும் பாய்வதில்லை (படம் 9-2). ஆகவே ஒரு நொதுமியிலும் மின்னோட்டம் ஏதும் பாய்வதில்லை, (காப்பீடு உறுதியானது என்று கொண்டால்) அதன் விளைவாக தரையோடு நொதுமியின் அழுத்தம் 0 ஆக இருக்கும். நொதுமிக்கம்பியில் ஏற்படும் அழுத்த வீழ்ச்சிக்குச் சமமான அழுத்த வேறுபாடு, நொதுமிக்கும் பழுது இடத்திற்கும் இடையிலும் அதே சமயம் தரைப்பிழை பாகத்திலும் உருவாகிறது. அவ்வழுத்த வேறுபாடு:

$$V_o = I_{sh-C} \cdot r_o$$

இங்கு $I_{sh-c} = V/(r_0 + r_{ph})$,

பின் $$V_o = V \frac{1}{1 + r_o/r_{ph}} \qquad (9\text{-}2)$$

தருவாய்க் கம்பிகள் மற்றும் நொதுமிக் கம்பிகளின் தடைகள் ஒன்றாயிருந்தால் 380/220 அழுத்ததிற்குப் பயனீட்டின் பகுதியில் தொடு அழுத்தம் 110 வோல்ட்டு ஆகும். இத்தகைய நிலைகளில் பயனீட்டு இடத்தில் நொதுமிக் கம்பியின் கூடுதலான நில இணைப்பு செய்வதின் மூலம் இந்த அழுத்தத்தைக் குறைக்க முடியும். இது நொதுமிக் கம்பிக்கு இணையான ஒரு பாதையை உருவாக்குகிறது. இந்தப் பாதையின் தடை நொதுமிக் கம்பியின் தடையைவிட மிக அதிகமாக இருப்பதால் இந்தப் பாதை நொதுமிக் கம்பியின் மூலம் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவை வெகுவாகப் பாதிக்காது. ஆனல் நிலம் வழியாகச் செல்லும் அழுத்தம் குறையும். கூடுதல் தரை மின்வாயின் தடையானது, மின்மாற்றி நொதுமியின் தரைத் தடைக்குச் சமமாக இருந்தால் தரையோடு ஏற்படும் தொடு அழுத்தம், நொதுமிக் கம்பியில் ஏற்படும் அழுத்த வீழ்ச்சியில் பாதியாக இருக்கும். முக்கிய மற்றும் கூடுதல் தரை மின்வாயின் தடை விகிதங்களை மாற்றுவதன் மூலம் மின் பயனீட்டுக் கூட்டிலும் மின் வழங்கு மாற்றியின் கூட்டிலும் தோன்றும் தொடு அழுத்தத்தை நாம் மாற்றக் கூடும். பழுது இடத்திற்கும் நொதுமிப் பாதைக்குமுள்ள தடை தறுவாய்க் கம்பிக்குள்ள தடையை விடக் குறைவாகிறது. பழுது நிலைகளில் அழுத்தச் சாய்வு மாறுபடும் மற்றும் தறுவாய்க் கம்பியின் பால் அதிக அழுத்தக் குறைவு காணப்படும். பழுதுபட்ட காப்பீடு கொண்ட சாதனத்தின் கூட்டினைத் தொடுபவன் அதிக பாதுகாப்போடு இருப்பான்.

ஒரு மின்மாற்றி துணை நிலையத்தினைக் காட்டிலும் காப்பீட்டுப் பழுதினல் மின்சாரம் பாயும் சாதன உலோகப் பகுதியோடு தீண்டுவதற்கான சந்தர்ப்பங்கள் தொழிற்சாலைகளிலே அதிகமாகும். போதுமான தகுதிகளும் பாதுகாப்பு உணர்வும் கொண்ட நபர்கள் மின்மாற்றி துணை நிலையங்களில் வேலை செய்கிறார்கள். மின்மாற்றி துணை நிலையங்கள் உள்ள கட்டடங்களில் குறைவான நடமாட்டமே உள்ளது. சாதனங்களின் இயக்கம் சாதாரணமாக இருந்தால் அங்கு நடைபெறும் செயல்களும் குறைவே. மின்மாற்றி நிலையங்களில் கூடுதலான பாதுகாப்புச் சாதனங்கள் எளிதாகப் பயன்படுத்தும் வகையில் தயாராக உள்ளன. தொழிற்சாலைகளில் அமைக்கப்பட்டுள்ள சாதனங்கள் உற்பத்திப் பணியாளர்களாலேயே பராமரிக்கப்படுகின்றன. (மின் பணியாளர்களால் அல்ல) அவர்கள் பாதுகாப்பு விதிகள் அறிந்தோரல்ல. இதைத் தவிர முக்கிய உற்பத்திப் பணியில் ஈடுபடும் தொழிலாளர்களின் எண்ணிக்கை மின் நிலையங்களில் பணியாற்றும் தொழிலாளர்களைவிட அதிகம். அதனல்தான் தொழிலியல் மின் சாதனங்களின் மின் பாதுகாப்பின் தரம் அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

படம் 9-2ல் காட்டப்பட்ட லஷிய நொதுமி தரை இணைப்புப் பாதை செயற்கையான நிலைகளில்தான் உருவாக்கப்பட முடியும். உண்மையான நிலைகளில் அதிகமான இயற்கை தரைக் கடத்திகளாகவும் மற்றும் மின் வாய்களாகவும்: ஏஃகும் பகுதிகள், கட்டுமான உத்தரங்கள், அடித்தள உலோகப் பகுதி, தண்ணீர் குழாய்கள், வடக் கம்பிகளின் உலோக உறைகள் போன்றவை, பயனீட்டகங்களிலும் மின்மாற்றிப் பகுதிகளிலும் உள்ளன. எல்லா மின் சாதனக் கூடுகளையும் காப்பீடு செய்வது இயலாதது. அந்த இயற்கை மின் கடத்திகள் மற்றும் மின்வாய்களின் நிலத் தடை முக்கிய மற்றும் கூடுதலான மின்வாய்களின் நிலத் தடையினைப் பாதிக்கிறது. இந்த விளைவுகளை மதிப்பிட முடியாது. அதே நேரத்தில் தொடு அழுத்தத்தின் மதிப்பு அவற்றின் நிலத்தடைகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பைப் பொருத்ததாகும். இந்தத் தெளிவின்மை நொதுமித் தரைக் காப்பின் ஒரு பலவீனமாகும். இந்த அமைப்பின் குறிப்பிடத்தக்க அனுகூலம் நொதுமியைத் தரை இணைப்பு செய்வது ஒரு முனை குறுக்குப் பாதையிலுங்கூடத் துண்டிக்கும் முறையினை வகுக்கிறது என்பதே யாகும்.

''ஆகவே நொதுமி தரை இணைப்பு முறை சாதன உலோகப் பகுதிகளில் தோன்றும் மின் அழுத்தத்தினின்றும் மனிதர்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் ஒரு காப்பினை அமைக்கிறது. ஆனல் இது முழுமையான பாதுகாப்பு அல்ல''. இது சோவியத் நாட்டிலும் வெளி நாட்டிலும் உணரப்பட்டுள்ளது. சில நிபுணர்கள், தரை இணைப்பு மற்றும் நொதுமி தரை இணைப்பு முறைகள் முழுமையான பாதுகாப்பு அளிக்க இயலாதவை மற்றும் சிக்கனமற்றவை என்பதால் பாதுகாப்புத் துண்டிப்பு முறைகளையே விரும்புகிறார்கள். ஜப்பானிய நிபுணர்கள் நொதுமி தரை முறைகள் தீ அபாயம் விளைவிப்பதைக் குறிப்பிடுகிறார்கள்.

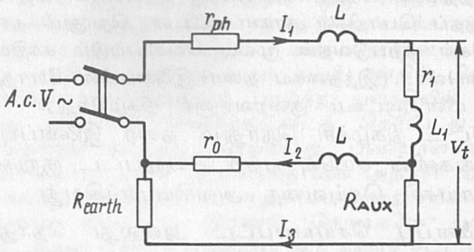
ருந்தது. உலோகப் பகுதியிலும் தறியின் பகுதியிலும் தோன்றும் பொறிகளா லேயே அந்த ஒளி உண்டானது. அவை மின்சாரத்தால் இணைக்கப்படாவிடிலும் அந்தத் தொழிற்சாலைகளின் எல்லைகளுக்கு அப்பால் தரையில் மின்சாரம் பாயும் பொழுதெல்லாம் அவ்வாறு நேர்ந்தது. இயற்கைக் கூடுதல் தரை மின்வாய்களின் வேறுபட்ட தடைக்கொப்ப நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதியில் அழுத்தங்கள் பரவலாகப் பங்கீடு செய்யப்படுவதால் உருவாகும் அழுத்தத்தால் அந்தப் பொறிகள் காணப்பட்டன. நொதுமி தரை இணைப்பு முறையில் பொறிகள் ஏற்படுவதன் மூலம் வெளிப்படும் சக்தியானது தரை இணைப்பு முறையைவிட (இத்தகைய தரை இணைப்பின் போது) அதிகமாக இருந்தது. (இது மின்னேட்டம் குறைவதனுல் நிகழ்கிறது).

மேற்குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சி நொதுமி தரை இணைப்பு முறையில் தொடு அழுத்தங்களின் சாய்வு பற்றி வேறுபட்ட குறுக்குப் பாதை நிலைகளில் ஆராய்ச்சி செய்வதை அவசியமாக்கியது

9-4. தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட அல்லது நொதுமித் தரை இணைப்புள்ள சாதனங்களில் மின் அழுத்த ஏற்றத்தாழ்வு (1,000 வோல்ட்டிற்கு உட்பட்டவை)

உலோகப் பொருட்களின் பகுதியிலும் சாதனக் கூடுகளிலும் அழுத்தச் சாய்வினை மதிப்பிடும்பொழுது இந்த மதிப்பு, அவ்வளவு தரமானதாக இருக்காது. ஏனென்ருல் கருத்தில் கொள்ளவேண்டிய காரணங்கள் அதிகம். மேலும் அவற்றைக் கணிப்பது மிகவும் கடினமானதாலுமா கும். ஆனுலும் வழக்கமான சமவிளக்கப் படங்களை இங்கும் பயன் படுத்தலாம். ஒப்புவரை படங்களை அமைக்கும்போது கீழ்க்காணும் கூற்றுக்களை ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டும்.

மின் வழங்கி மூலம் (மின்மாற்றி) வற்ருத மின்சக்தி வழங்கக் கூடியது. மிகவும் அனுகூலமற்ற அபாயமான நிலைகள் கருத்தில் கொள்ளப்படுகின்றன. 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலும் கீழுமுள்ள மின் வழங்கும் மின் வழங்கு துணை நிலையங்களின் தரை இணைப்பு கருவிகள் பொதுவானவையே. பொதுவான தரை மின்வாயின் தரைத்தடை, தறுவாய்க் கம்பி — நொதுமி இணைப்புப் பாதையின் தடையைவிட ஒரு மடங்கு அதிகம். அதன் தூண்டல் எதிர்வினைப்பு பாதியாகும். தூண்டல் எதிர்வினைப்பின் ஒவ்வொரு பாதியும் பாதை யின் தறுவாய் மற்றும் நொதுமிப் பகுதிகளில் பகிர்ந்து உள்ளது. இத்தகைய ஏற்பு கணக்கீடுகளை எளிதாக்குகிறது. கூடுதலான தரை இணைப்பு ஒரு இடத்திலேயே செய்யப்படுகிறது. எல்லாத் தரை இணைப்புகளிலும் தடையில் ஓம்கள் மற்றுமே உண்டு. இக்கடைசி ஏற்புடன் சோதனைகள் ஒரு தறுவாய் இணைப்பையே (மூன்று தறுவாயல்லாது) காட்டுகின்றன என்று அமைகிறது. நமது ஆய்வின் தர மதிப்பீட்டு இயல்பை நோக்கினல் இந்த ஏற்பும் அனுமதிக்கத் தக்கதே. இந்த ஏற்புகளின் துணையால் நொதுமி தரை இணைப்பின் அடிப்படை அலகுகளை எளிதான ஒப்பு வரைபடங்கள் மூலம் காண இயலும்.



படம். 9-3. இரண்டு அடர்த்தியான தரைமின்வாய்களைக் கொண்ட சமவிளக்கப்படம்.

நொதுமிக் கம்பிகளைக் கொண்ட மிக மாதிரியான பாதைகளை நாம் பார்ப்போம்:

(1) காக்கப்படும் சாதனம் ஒரே பொதுவான தரை மின்வாயுடன் ஒரே தரை இணைப்புப் பாதையில் இணைக்கப்பட்டது;

(2) காக்கப்படும் சாதனம் நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதி யுடன் பல துணை தரை மின்வாய்களோடு இணைக்கப்பட்டது;

(3) நொதுமித் தரை இணைப்பு ஒரே சமயத்தில் மூன்று முனை, நான்கு முனை (four-core) கம்பி இணைப்புத் தொகுதிகளில் பயன்படுத்தல்.

பொதுவான துணை தரை மின்வாய் முறையில் தொடு அழுத்தம். இங்கு காக்கப்படும் சாதனங்களுடன் இரண்டுவகைத் தீண்டுதல்கள் நேரிடக் கூடும்: பாதிக்கப்படுவோர் பழுதினுல் மின்சாரம் பெறும் சாதனத்தோடு நேரடியாக தரை மின்வாயிலோ அல்லது அதிலிருந்து சிறிது தொலேவிலோ தீண்டுதல்.

மிகவும் பொதுவான இரண்டாவது நிகழ்ச்சியைக் காண்போம். ஒப்பு வரைப்படம் படம் 9-3ல் உள்ளது.

படத்தில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள பெயர்க் குறியீடுகள் கீழ்காணு மாறு: r_{ph} என்பது தறுவாய் கம்பியின் தடை, 2L நொதுமிதரை இணைப்புப் பாதையின் தூண்டல் எதிர்வினைப்பு, r_0 என்பது நொதுமிக் கம்பியின் தடை, R_{earth} தரையுடன் பொருத்தப்பட்ட நொதுமியைக் கொண்ட மின்மாற்றியின் நிலத்தடை; R_{aux} என்பது பொதுத் துணை மின்வாயின் தரைத்தடை; r_1 பழுதுபட்ட சாதனத்திற்கும் கூடுதல் தரை மின்வாய்க்கும் இடையேயுள்ள தரை இணைக்கம்பி யின் தடை, L_1 என்பது இந்தப் பிரிவில் உள்ள எஃகுச் சட்டத்தின் தூண்டல் எதிர்வினைப்பு தொடு அழுத்தம் இவ்வாறு காணப்படும் [62]

$$\dot{V}_{touch} = \frac{z_1(z_2 + z_3) + R_{aux} z_4 \dot{V}}{z_1 z_2 + z_2 z_3 + z_3 z_4} \qquad (9.3)$$

இங்கு $z_1 = r_{ph} + r_1 + jw\,(L + L_1)$

$z_2 = r_0 + jwL; \quad z_3 = R_{earth} + R_{aux} \quad z_4 = r_1 + jwL_1$

மின்மாற்றியின் தரைத் தடைக்கும் துணை தரை மின்வாயின் தரைத் தடைக்கும் உள்ள விகிதம் தொடு அழுத்தத்தைப் பாதிப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. அந்த விகிதம்:

$$V_{touch\ 1} = \frac{(1 + A)\ R_{aux} z_4 + z_2\ (R_{aux} z_4)}{(1 + A)\ R_{aux}(z_1 + z_2) + z_1\ z_2}\ \dot{V} \qquad (9.4)$$

இங்கு $A = R_{earth}/R_{aux}$.

r_1 மற்றும் L_1 சுழிக்குச் சமமாஞல் துணை மின்வாய்க்கு அருகில் அமைந்துள்ள பகுதிகளைப் பழுதான சாதனத்தைக் கொண்டு தீண்டும்பொழுது நிகழ்வதுபோல் தொடு அழுத்தம் இவ்வாறு பெறப்படும்.

$$\dot{V}_{touch\ 2} = \frac{z_2 R_{aux} \dot{V}}{(1 + A)\ R_{aux}(z_1 + z_2) + z_1\ z_2}\ \dot{V} \qquad (9.5)$$

தொடு அழுத்தம் விகிதம் Aயின் மதிப்பையொட்டி உயர்கிறது. பின்னது Oவை அடையும்பொழுது அதாவது முக்கிய தரை மின்வாயின் மிகக் குறைந்த தடையில் தொடு அழுத்தமானது நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதியில் உள்ள அழுத்தக் குறைவாக இருக்கும். இந்த அழுத்தம் தறுவாயின் தடைக்கும் நொதுமிக் கம்பித் தடைக்கும் உள்ள உறவைப் பொருத்தது. 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழும் மேலும் இயங்கும் சாதனங்கள் கொண்ட அவற்றின் தரைமுனைகள் ஒன்ருேடொன்று இணைக்கப்பட்ட மின் வழங்கு நிலையத்தின் மூலத் தரை மின்வாய்க்கு A எனும் விகிதம் O வை அணுகுகிறது. இந்தத் தரை மின்வாய் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களைக் கையாளும் வட இணைப்பு அமைப்புகளின் உலோக உறைகளோடு நம்பகமாக இணைக்கப்படுகிறது. தரை இணைப்பு முறையிலுள்ள உலோகத்தால் இணைக்கப்பட்ட பொருட்கள் தரையோடு அதிகம் தொடு பரப்பு உள்ளவை. இத்தகைய மின் வாயின் தரைத் தடை மிகவும் குறைவானது.

படம் 9-4 $V_{touch} = f(A)$ என்ற வளைகோடுகள் ஒரு மனிதன் தரை இணைப்புத் தொகுதியை அதன் முனையிலும் அல்லது அதற்குச் சிறிது தொலைவிலும் தொடுகின்ற நிகழ்ச்சிகளைக் குறிக்கின்றன. இந்த வளைகோடுகளை ஒப்பிடும் பொழுது இரண்டும் ஒரே இயல்பு உள்ளவை. ஆனல் தரை மின்வாயை நேராகத் தொடும்பொழுது தொடு அழுத்தம் அதிகமாக உள்ளது என்று தெரிய வருகிறது.

இந்நிகழ்ச்சியில் இவ்விரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாடு Aயின் விகிதம் குறைந்தால் குறையக் கூடும். Aயின் குறைந்த மதிப்புக்களில் இந்த வேறுபாடு சில சதவிகிதமே இருக்கும். A என்பது ஒன்றைவிடக் குறையும் பொழுது தொடு அழுத்தம் அநேகமாக நிலையானது.

இப்பொழுது துணை தரை இணைப்பு ஏதும் இல்லையென்று எடுத்துக் கொண்டால் தொடு அழுத்தம் கீழ்க்காணுமாறு நிர்ண யிக்கப்படும்.

$$V_{touch\ 1} = I \times \sqrt{(r_0 + r_1)^2\ (wL_0 + wL_1)^2} \qquad (9{\cdot}6)$$

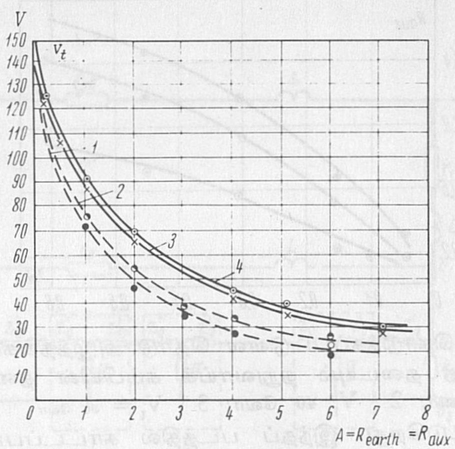
தறுவாய்க் கம்பிக்கும் நொதுமிக் கம்பிக்கும் தடைகளினுல் உள்ள சில உறவுகளையொட்டித் தொடு அழுத்தம் 130-180 வோல்ட் வரை வேறுபடும். அதிகபட்சத் தொடு அழுத்தம் மூன்று முனை வடங்களால் மின்சாரம் பெறும் பொதுக்காப்பு நொதுமிச் சட்டத்திலிருந்து அதிகத் தொலைவுள்ள மூன்றுகலைப் பயனீட்டாளர் களின் கூடுகளில் ஏற்படக் கூடும்.

மாற்றக்கால அலைகளில் தொடு அழுத்தத்தின் சாய்வு நிலையான சந்தர்ப்பங்களில் உள்ளதைவிட மாறுபட்டிருக்கும் [68]. மனிதனுக்கும் பழுதான சாதனத்திற்கும் ஏற்படும் தீண்டுதலில் தூரத்தின் விளைவு அதிகமாக இருக்கும்.

வடிவமைப்புக் காரணிகள் உண்மை நிலைகளில் ஏறபடும் குறுக்குப் பாதையை மாதிரி செய்து மாதிரி அமைப்பில் சோதனை செய்து பார்க்கப்பட்டன. தர அளவு மதிப்பீடு செய்வதற்குப் போதுமான அளவில் சோதனை விவரங்களும் வடிவமைப்பு விவரங்களும் உடன்பட்டன. ஆகவே நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதியை முக்கியமாக மின் விபத்துக்களைப் புலனுய்வின் பொருட்டு ஆய்வு செய்வதற்கு இவற்றைச் சிபாரிசு செய்யலாம்.

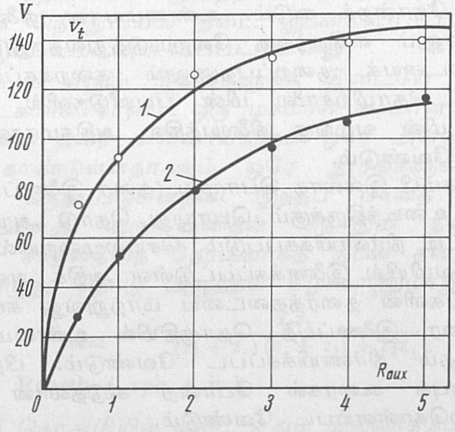
படம் 9-5 தொடு அழுத்தத்தின் வேறுபாட்டையும் துணை தரை மின்வாயின் தரைத் தடையினையும் குறிக்கும் வரை படங்களைக் காட்டுகிறது. மின் அழுத்த அலகுகள் நிலையானவை. நொதுமியில் தரை இணைப்பு உபாயத்தின் தடை 0.5 - 2 ஓம்களாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. 0.15, 0.3, 0.45 மற்றும் 0.6 ஓம்களும் கொண்ட நொதுமிக் கம்பி தடைகளுக்கு இந்த உறவு காணப்படுகிறது. தொடு அழுத்த மாறுதலின் எல்லை, 90-140 வோல்ட்டு ஆகும். இந்த ஆராய்ச்சியின் முடிவுகள், 380/220 வோல்ட் மின் வழங்கிகளில் ஒரே தரை மின்வாய் பயன்படுத்தப்படும பொழுது முதலில் கொண்ட ஏற்புகளின்படி தொடு அழுத்தம் 140-150 வோல்ட் ஆகும். எப்பொழுதாவது 0.2-0.04 ஓம் தரைத்தடையுள்ள தண்ணீர்க் குழாய் துணை தரை மின்வாயாகப் பயன்படக் கூடும்.

படம் 9-6 குறிப்பிட்ட தொடு அழுத்தத்திற்குத் துணை தரை மின்வாய் தடைக்கும் தறுவாய்க் கம்பியின் தடைக்கும் உள்ள



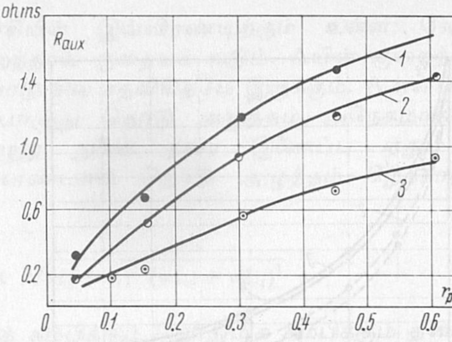
படம். 9-4. தொடு அழுத்தமும் விகிதமும் (துணை தரைமின்வாய்த் தடை நிலையாக இருக்கும்பொழுது)

1,2- துணை தரைமின்வாயிலிருந்து குறிப்பிட்ட தொலைவில் தொடுதல் நடந்தபோது; 3,4- துணை தரைமின்வாயிலிலேயே தொடுதல் நடந்தபோது; 1,3 - R_{aux} = 2 ஓம்கள்; 2,4 - R_{aux} = 0.5 ஓம்;



படம். 9-5. தொடு அழுத்தமும் துணை தரைமின்வாய்த் தடையும்

1 - R_{earth} = 0.5 ஓம்; 2 - R_{earth} = 2 ஓம்கள்



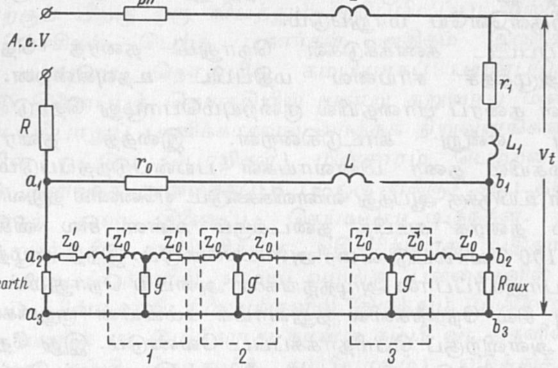
படம். 9-6. கொடுக்கப்பட்டுள்ள தொடு அழுத்தங்களுக்குத் துணை தரைமின்வாய்த் தடையும் தறுவாய்க் கம்பியின் தடையும்
1 - V_t = 36 வோ; 2 - V_t 40 வோ; 3 - V_t = 50 வோ

உறவைக் காட்டுகிறது. இந்தப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள வளை கோடுகள் மின் பயனீட்டின் எதிர்பார்க்கும் தொடு அழுத்தத்திற்கு வேண்டிய துணை தரை மின்வாயின் தடைகளை முடிவு செய்கின்றன.

நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதியில் தொடு அழுத்தம் துணை தரை மின்வாய்களைப் பயன்படுத்தி இருந்தாலும் சில நிலைமைகளில் ஒரு நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதியில் நம்பகமாகத் தரை இணைப்புக் செய்யப்பட்டிருக்கும் கூட்டினிலோ பகுதிகளிலோ ஒரு மின் அழுத்தம் தொழிலாளர்களுக்கு அதன் அளவிலும் செயல்பாட்டு நேரத்திலும் (காப்பு இயக்க நேரம்) வெளிப்படையான அபாயம் விளைக்குமாறு தோன்றக் கூடும். உண்மையான நிலைகளில் இந்த அழுத்தம் A எனும் விகிதத்தை வேறுபடுத்துவதாலும் நொதுமிக் கம்பியின் தடையைக் குறைப்பதனாலும் குறைக்கப்படக் கூடும். இந்நிகழ்ச்சியில் தொழிற்சாலை மின் பயனீடுகளில் அவ்வழுத்தம் குறைவாகவும் மின் வழங்கு நிலையத்தில் அதிகமாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்பட வேண்டும்.

நொதுமிக் கம்பி இல்லாத பொழுது (தரை இணைப்புத் தொகுதி) அல்லது அது உடைந்திருக்கும் பொழுது தொடு அழுத்தம் Aயின் மதிப்பையொட்டி நிர்ணயிக்கப்படும். செயல்முறையில் தரையோடு ஏதாவது ஒரு வழியில் இணைக்கப்பட்டுள்ள அதிக அளவு இயற்கை தரை மின்வாய்களின் தரைத்தடையை மாற்றுவது கடினம். இங்கு நொதுமித் தரை இணைப்புத் தொகுதியில் உண்மையாக உள்ள தொடு அழுத்தம் நிர்ணயிக்கப்பட வேண்டும். பிறகு காப்புத் தரைகள் காப்புக் கூரைகள் போன்ற கூடுதலான பாதுகாப்பு முறைகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்.

துணையான மற்றும் இயற்கையான தரை மின்வாய்களைக் கொண்ட நொதுமித் தரைத் தொகுதி. இறுதி முனைகளில் உள்ள தரை



படம். 9-7. பரவலான துணை தரைமின்வாய்களைக் கொண்ட ஒரு தரை இணைப்புத் தொகுதியின் ஒப்பு வரைபடம்

மின்வாய்களைத் தவிர அதிகமான இயற்கைத் தரைமின்வாய்களைக் கொண்ட நொதுமிக் கம்பி அமைப்பினை நாம் கருதுவோம். இதன் ஒப்பு வரைப்படம் படம் 9-7ல் உள்ளது. இந்தப் படம் ஒரு மனிதன் தரை இணைப்புத் தொகுதியைத் துணை தரை மின்வாய்களில் இருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் தொடுவதைக் காட்டுகிறது. மின்மாற்றியின் நொதுமியில் தடை இணைக்கப்பட்ட பொதுவான வடிவத்தில் இப்படம் அளிக்கப்பட்டுள்ளது.

a^2 மற்றும் b^2 எனும் இடங்களுக்கு இடையே உள்ள தரைப் பாதை n தடைகளைக்கொண்ட ஒரு முகமான சமமான பாதையாகும். எல்லா இயற்கை தரை மின்வாய்களும் ஒரே அளவான கடத்தும் திறன் (g) கொண்டுள்ளதாகவும் ஒரே தூரங்களுக்கு இடையில் உள்ளதாகவும் கருதப்படுகின்றன. இந்தப் பாதை குறிப்பு 68ல் ஆராயப்பட்டுள்ளது. ஒரு மனிதன் நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டு சாதனத்தை நேரடியாகத் துணை தரை மின்வாயில் தொடும் பொழுது தொடு அழுத்தம் கீழ்க்காணுமாறு நிர்ணயிக்கப் படும்.

$$\dot{V}_{touch} = \dot{V} \frac{z_2 z_3}{(z_2 + z_1)(z_1 + z_3) + z_2 z_1} \qquad (9\text{-}7)$$

இங்கு Z_4 = Rearth + rph + jwL

மின்மாற்றி நொதுமியில் தடை ஏதும் இல்லாதபொழுது R = O) தொடு அழுத்தம் இதைப் போன்றே குறிப்பிடப்படும். இந்த வாய் பாட்டை (9-7) பயன் படுத்தி தொடு அழுத்தத்திற்கும் தனிப்பட்ட

பகுதிகளுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பை நிர்ணயிக்கலாம். 9-6 மற்றும் 9-7 தரும் வாய்பாடுகள் இந்நிகழ்ச்சியில் தொடு அழுத்தம் A விகிதத்தைப் பொருத்தது அல்ல என்று காட்டுகின்றன. Aயின் மதிப்பு மூன்று மடங்குகள் உயர்ந்தாலும்தொடு அழுத்தம் 10 சதவீதத்திற்குள்ளேயே மாறுபடும்.

செய்யப்பட்ட கணக்கீடுகள் நொதுமி தரைத் தொகுதியின் தொடு அழுத்தச் சாய்வை மதிப்பிட உதவுகின்றன. இந்தக் கணக்கீடுகள் தரைப் பாதையில் குறையும்பொழுது தொடு அழுத்தம் குறைகிறது என்று காட்டுகின்றன. இதைத் தவிர அதிக எண்ணிக்கையில் தரை மின்வாய்கள் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது அழுத்தங்கள் உயிருக்கு ஆபத்து விளைவிக்கக்கூடும். ஏனெனில் தறுவாய்க்கம்பித் தடைக்கும் தரைக் கம்பித் தடைக்கும் உள்ள சில விகிதங்களில் அழுத்தம் 100 வோல்ட்டு வரை அடையக் கூடும். இந்த அழுத்தங்களைக் குறைக்க, பாதுகாப்பான அழுத்தங்களை அடைய நொதுமிக் கம்பியின் குறுக்களவு சில நேரங்களில் தறுவாய்க் கம்பியின் குறுக்களவையும் தாண்டும் அளவிற்குப் பெரிதாக்கப்பட வேண்டும். இது தேவையற்ற சிக்கல்களை ஏற்படுத்தி முழு ஏற்பாட்டினையும் இயலாமல் செய்கிறது.

கட்டிடங்களின் உலோகப் பகுதிகளும் வடங்களின் உறைகளும் இவை போன்றவையும் நொதுமிக் கம்பிக்கு இணைப்பாதையாகத் தெரிந்தோ தெரியாமலோ நொதுமித் தரை தொகுதியுடன் பொதுவாக இணைக்கப்படுவது வழக்கம். விளைவாகத் தரை இணைப்பு செய்யும் மொத்தக் கடத்தியின் குறுக்களவு தறுவாய்க் கம்பியின் குறுகளவைவிட அதிகமாக இருக்கலாம். முன்னல் கூறியது இத்தகைய அமைப்பு ஏன் எதிர்ப்புக்களை ஏற்படுத்தவில்லை என்று காட்டுகிறது. தரை இணைப்புத் தொகுதியைப் பொருத்த அளவிலும் இது உண்மையே. ஏனென்ருல் நொதுமிக் கம்பிகளுக்கும் தரைத் தொகுதிக்கும் இடையே நம்பகமான இணைப்பைச் சரிபார்ப்பது கடினம். மேலும் நொதுமிக் கம்பிகளைப் பயன்படுத்துவது எப்பொழுதுமே சௌகரியமானது அல்ல.

நான்கு கம்பி இணைப்புத் தொகுதிகளில் தொடு அழுத்தத்தின் சாய்வு. நான்கு கம்பி மற்றும் மூன்று கம்பி வடங்கள் இரண்டினையும் பயன்படுத்தும் நான்கு கம்பி இணைப்புத் தொகுதிகளில் தொடு அழுத்தச் சாய்வு சில குறிப்பிட்ட பண்புகளைக் கொண்டது. மூன்று கம்பி வடங்களின் நொதுமிக் கம்பியாக அந்தக் கம்பியின் உலோக உறை பயன்படுகிறது. இந்த இணைப்புத் தொகுதியின் சரித்திரம் பின்வருமாறு :

சில காலத்திற்கு முன்னல் லெனின்கிராடில் வளர்ந்து வரும் தேவைகளைச் சமாளிக்க ஒரு 120 வோல்ட்டு மூன்று கம்பியமைப்பு 220 வோல்ட் நான்கு கம்பி அமைப்பாக மாற்றப்பட்டது. கம்பி வடத்தின் ஈய உறை நொதுமிக் கம்பியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இந்த முறையில் நகராட்சி மின் வழங்கு தொகுதியின் பிரச்சினை அதிக செலவினங்கள் இல்லாது தீர்க்கப்பட்டது. (இணைப்புப் பகுதி

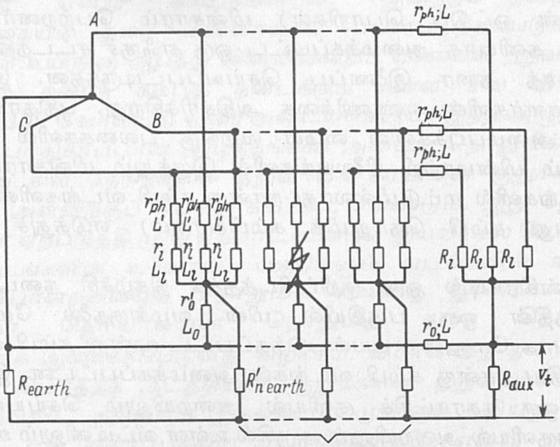
மீண்டும் அமைக்கப்படுவதற்கு மிக அதிகம் செலவாகும்). பொது அமைப்பைப் பரிசீலனை செய்தபொழுது சில அனுகூலங்கள் தென் பட்டன.

கண்ட குறைபாடுகள் பல ஒவ்வொன்ருக நீக்கப்பட்டன. இந்த மாற்றத்திற்குப் பிறகு ஒரு விபத்தும் குறிப்பிடப்படவில்லை. ஆனல் மின் அதிர்ச்சிகள் பெற்ற புகார்கள் அதிகம் இருந்தன. மூடு வடத்தின் உறையை நொதுமிக் கம்பியாகப் பயன்படுத்திய 220 வோல்ட்டு இணைப்புத் தொகுதியில் மூன்று தறுவாய் மின் பயனீட் டாளர்கள் (பொதுப் பணிக்காகவும் வர்த்தக நிறுவனங்களுக்காகவும் சிறிய மின் ஓட்டுப் பொறிகள்) மின்சாரம் பெற்றனர். அந்தப் பொறிகள் தனியாக அமைக்கப்பட்ட ஒரு எஃகுச் சட்டத்தின் மூலம் பொதுவாகத் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டிருந்தன. இத்தகைய பயனீட்டாளர்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கிறது. புதிதாக இணைக் கப்படும் அமைப்புக்களில் மைய வழங்கு பலகைகளில் இருந்தும் சில சமயம் மின்மாற்றி நிலையங்களில் இருந்தும் மின்சாரம் மூன்று கம்பி வடங்களில் மட்டுமில்லாது நான்கு கம்பி வடங்களின் மூலமும் (நான்காவது கம்பி நொதுமிக் கம்பியாகும்) எடுத்துச் செல்லப் படுகிறது.

லெனின்கிராடில் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க நிகழ்ச்சி நடைபெற்றது. மாவட்டத்தின் ஒரு பகுதியில் மின் வழங்குதலை மேம்படுத்த, நொதுமியாக மேலுறை பயன்படுத்தப்பட்ட மூன்று கம்பி வடங்களை மாற்றி புதிய நான்கு கம்பி வடங்கள் அமைக்கப்பட்டன. இத்தகைய மாற்றம் ஒரு நகராட்சிக் குளியல் அறையிலும் செய்யப்பட்டது. அங்கு அக்குளியல் அறையிலும் அருகில் உள்ள வீட்டினிலும் உள்ள மின் சாதனங்களுக்கு மின்சாரம் வழங்கிய உலோக உறை கொண்ட மூன்று கம்பி வடங்கள் மாற்றப்பட்டு அதே குறுக்களவு கொண்ட நான்கு கம்பி வடங்கள் அமைக்கப்பட்டன. விளைவாகச் சில குளியல் அறைகளில் தண்ணீர்க் குழாய்களுக்கும் தரைக்கும் இடையே பா துகாப்பு இல்லாத அழுத்தம் தோன்றியது. குளியல் அறை தற்கா.லி கமாக மூடப்பட்டுப் பழுதைச் சரி செய்யச் சிறப்பு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. இந்நிகழ்ச்சி உறையானது நொதுமியாகப் பயன்படும் மூன்று கம்பி வடங்களுடன் நான்கு கம்பி வடங்களும் பயன்படுத்தும்பொழுது தரை இணைப்புத் தொகுதி நன்கு பரிசீலிக் கப்பட வேண்டும் என்று காட்டுகிறது. இதனை விளக்கும் ஒப்பு வரைபடம் படம் 9-8ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த வரை படத்தின் கணக்கீடுகள் குறிப்பு 68ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பொதுவான குறுக்குப்பாதை நிலைகளில் நொதுமி தரை இணைப் பின் மூலம் தோன்றும் தொடு அழுத்த சாய்வு தொடு அழுத்தம் 8-50 வோல்ட்டு (மேலே குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சியை உள்ளடக்கி) வரை வேறுபடுவதாகக் காட்டுகிறது. தொடு அழுத்தமானது குறுக்கு இணைப்பு இல்லாத வேறு நிலைகளிலும் தோன்றக் கூடும். மூன்று கம்பி வட இணைப்புத் தொகுதியில் பளு சீராக அமையாதலால்

நான்கு கம்பி வடத்தில் நடுவி நில உபாயத்தில் ஒரு நாளின் நேரத்தையொட்டி பின்னங்களிலோ அல்லது 3-4 வோல்ட்டு வரையிலோ அழுத்தங்கள் தோன்றக் கூடும். இந்த அழுத்தம் குளியலறைகள் சலவைச்சாலைகள் கொதிகலங்கள் போன்றவற்றின் நிலைகளில் பாதுகாப்பாகக் கொள்ள முடியாது. மேலும் ஒரு குறுக்கிணைப்பு நேர்ந்தால் தொடு அழுத்தம் அபாயகரமாக இருப்பது இயற்கையே.



படம். 9-8. நான்கு கம்பி இணைப்புத் தொகுதியில் மூன்று கம்பி வடங்களையும் நான்கு கம்பி வடங்களையும் ஒன்றாகப் பயன்படுத்துவதைக் காட்டும் சமவிளக்கப்படம்

ஒரு மூன்று கம்பி வடத்தின் அதிகரித்த தடை (உறைக்கும் எஃகு சந்திப்புக்களுக்கும் இடையே உள்ள தடை அதிகரிப்பதன் மூலம்) குறுக்கு இணைப்பு நிலைகளிலோ மூன்று தறுவாய்ப் பாதையில் ஒரு தறுவாய் பளு இருப்பதாலோ தொடு அழுத்தம் உயரும் சாத்தியத்தை அதிகரிக்கிறது. மேலே கூறிய விவரங்களை ஆய்வு செய்தால் நில இணைப்பும் நொதுமி தரைக் கம்பியமைப்பும் உறுதியாக இருந்தாலும் எப்போதாவது உயிருக்கு ஆபத்து விளைக்கும் அழுத்தம் தோன்றக் கூடும் என்று தெரிகிறது. முடிவாகக் காப்பீட்டின் பழுதுகளால் ஏற்படும் தொடு அழுத்தத்தைக் குறைக்க முக்கிய வழி மின் வழங்கலின் நம்பகத் தன்மையை மேம்படுத்துவதே. தவிர்ப்பு சோதனைகளை விரிவாகக் கையாளுவதும் மின் வழங்கிகளில் பழுது பார்த்தலும் ஒரு துருவ குறுக்கிணைப்புகளில் எண்ணிக்கையைக் குறைத்துத் தொடு அழுத்த அபாயங்களைக் குறைக்கின்றன.

9-5. தரை இணைப்பு நொதுமி தரை இணைப்பு ஆகியவற்றின் நம்பகத் தன்மையைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

சாதன உலோகப் பகுதிகளுக்குக் காப்புப் பூச்சு கொடுப்பது அவை காப்பீட்டுப் பழுதுகளின் போது மின்சாரம் பெற நேரிடும் என்பதால் பணியாளர்களின் பாதுகாப்பினை மேம்படுத்தும் காரணிகளில் ஒன்ருகும். 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் இயங்கும் மின் அமைப்புக்களைப் பொறுத்தவரையில் இந்தக் காப்பு பூச்சு, முக்கிய பாதுகாப்பு முறையல்ல ; துணையான பாதுகாப்பு முறைதான் என்று குறிப்பிட வேண்டும். இரட்டைக் காப்பீடு பாதுகாப்பு காப்பீடு போன்ற சொற்கள் இத்தகைய பாதுகாப்பை வருணிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

சாதனங்களின் உலோகப் பகுதிகளை அரிப்பில் இருந்தும் காப்பதற்காகப் பயன்படுத்தும் பூச்சுக்களின் காப்புப் பண்புகள் உண்மையிலேயே யாவை ? இந்தக் கேள்விக்குப் பதில் இவ்வாசிரியர் செய்த சோதனைகளில் கிடைத்தது. சாதன உலோகப் பகுதிக்கும் 50 - 60 சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்புள்ள ஒரு உலோகத் தகடிற்கும் (மின்வாய்) இடையே தடை அளவீடுகள் சோதனையில் செய்யப்பட்டன. அதே நேரத்தில் காப்புப் பூச்சின் கொண்மம் சோதிக்கப்பட்டது. மின் அழுத்தத்தைத் தொடர்ச்சியாக 100ல் இருந்து 2,000 வோல்ட் வரை மாற்றக்கூடிய எளிய உபாயத்தின் துணையோடு சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. காப்புத் தடையின் அளவீடுகள் ஒரு 500 வோல்ட் மெகரால் அளக்கப்பட்டன. அந்தத் தொழிலகத்தில் நிறுவப்பட்டிருந்த பல வகைப்பட்ட சாதனங்கள் மற்றும் கருவிகளின் அரிப்பு எதிர்ப்பு மற்றும் அலங்காரப் பூச்சுகளின் காப்புத் தடைக்கு இந்த அளவீடுகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. நல்ல பூச்சு உள்ள இடங்களில் தடை $10—10^{8}$ ஓம்களாக இருந்தது. இது அழுத்தத்தை அபாய மதிப்பிற்குக் கீழ் குறைக்கும்.

அந்தப் பூச்சில் உள்ள தடையை Oக்குக் கொண்டுவரும் சேதங்களின் எண்ணிக்கை தரை இணைப்பு கம்பியில் உள்ள சேதங்களோடு உடன்படுகிறது. தரை இணைப்புக் கம்பிகளில் உள்ள சேதங்களையும் தவறுகளையும் கண்டுபிடிப்பதற்கு அளவீடுகள் தேவை. ஆனுல் பூச்சில் உள்ள சேதங்களைக் கண்டுபிடித்துச் சரி செய்வது எளிது. இதற்குச் சேதம் உள்ள இடங்களில் மட்டும் பூச்சு கொடுத்தால் போதும். ஒரு சாதாரண அரிப்புத் தடுப்புப் பூச்சின் மூலம் பாதுகாப்பு காப்பீடு செய்ய இயலும்.

இயந்திரக் கருவிகளின் மேற்பூச்சு ஆனது மைய வழங்கு பலகைகளின் கூடுகள் போன்றவற்றைவிட அதிகம் சேதப்படக் கூடியது. ஆகவே இயந்திரக் கருவியின் பூச்சுக்கு ஏற்பட்ட சேதங்கள் அதிகமாகவே காணப்பட்டன. ஆனுலும் இந்தச் சேதத்தை வெகுவாகக் குறைப்பதற்கு வழிகள் பல உண்டு. கிட்டத்தட்ட ஒரே நிலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்களின் பூச்சுப் பகுதிகளை ஒப்பிடுவோ

மானுல் (வழங்கு முறைகள் பலகைகள் மற்றும் தொழிற்சாலைகளில் நிறுவப்பட்ட இது போன்ற சாதனங்கள்) எண்ணேயில் கரையக் கூடிய கிலிப்டல்—வார்னீஷ் பூச்சு சாதாரண பெயிண்ட் பூச்சுக் களைவிட நீடிப்புத் தன்மையுடையதாக நாம் காணலாம். பாதுகாப்பு காப்பீடானது ஒரு முக்கியமான விபத்துத் தடுப்பு செயல்முறையாகக் கருதப்பட வேண்டும். ஆகவே சாதனங்களின் பூச்சுக்குக் கடுமையான செந்தரங்கள் குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.

தொடு அழுத்தத்தைக் குறைப்பதற்கு மற்றும் ஒரு நடவடிக்கை தரைப் பகுதியின் (சாதனத்திற்கு முன் உள்ள) தடையும் காலணியின் தடையும் ஆகும். போதுமான அளவீடுகள், இந்தக் கூடுதலான தடைகளின் மாறுதலால் தொடு அழுத்தங்கள் மாறுபடுவதை விளக் கின. தரைப் பொருளின் பல்வேறு காப்புப் பண்புகளுக்கு ஒப்ப தொடு அழுத்த மாறுதல்களை நிர்ணயிக்கத் தொடர்ச்சியான அள வீடுகள் செய்யப்பட்டன. சோதனைகளின்போது வேறுபட்ட நிலை களில் ஒரு முனை குறுக்கு இணைப்புகள் மீண்டும் செய்யப்பட்டுத் தொடு அழுத்தம் அளவிடப்பட்டது.

அழுத்த அளவீடுகள் கீழ்க்காணும் இடங்களில் எடுக்கப்பட்டன :

(1) 24×30 மில்லிமீட்டர் அளவுள்ள டியூர் அலுமினியம் தகடு சாதனத்திற்கு 0.8 மீட்டர் தள்ளி வைக்கப்பட்டு, அதற்கும் சாதன உலோகப் பகுதிக்கும் இடையில்.

(2) சாதன உலோகப் பகுதிக்கும் இயற்கை தரைமின்வாய்க்கும் இடையில்.

அளவீட்டுக் கருவியில் தடை 1,800-2,500 ஓம்கள் வரை காட்டியது. அது தோராயமாக மனித உடலின் தடைக்குச் சமமானதாகும். அளவீட்டு முடிவுகளின்படி சாதனக் கூட்டிற்கும் தகட்டிற்கும் இடையே உள்ள தொடு அழுத்தம் தகட்டிற்கு அடியே உள்ள தரை ஈரமாக இருந்தாலும் 60 சதவிகித அளவீடுகளில் 10 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் இருப்பதைக் காட்டியது. 5 சதவீதங்களில்தான் தொடு அழுத்தம் 100 வோல்ட்டு வரை வந்தது. சாதனங்களின் உறைக்கும் இயற்கை தரைமின்வாய்களுக்கும் இடையே தொடு அழுத்தம் இதுபோன்று முறையே 36 சதவீதங்களிலும் 20 சதவீதங்களிலும் இருந்தது. ஆகவே மனிதர்கள் வரக்கூடிய தரைப் பகுதியைக் காப்பீடு செய்வது மீண்டும் ஒரு பாதுகாப்புக் காரணியாக வலியுறுத்தப்படவேண்டும்.

சில எதிர்மறை காரணிகளும் கருதப்பட வேண்டியுள்ளன. சாதனத்தின் கூட்டிற்கும் தரை இணைப்புக் கம்பிக்கும் இடையே உள்ள தொடு தடையின் அதிகரிப்பே அது. ஏ. காப்புஸ்டிம் என்பவரால் தரை தீண்டுதல்களின் தடை பற்றி ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ளப்பட்டது. இந்த ஆராய்ச்சியாளர் 10,000க்கும் மேற்பட்ட மேற்படி தீண்டுதல் களின் தடைகள் பற்றி விரிவான அளவீடுகள் செய்தார். இந்த மதிப்பு பற்றி புதிய விவரங்கள் பெற்றார். அளவீட்டு விவரங்களின்படி சாதனங்கள் இயக்கி வைக்கப்பட்ட பின்னர் (அளவீடுகள் இயந்திரக் கட்டுமான மற்றும் கருவித் தயாரிப்பு நிறுவனங்களில் எடுக்கப்பட

டன) சோதனைக்கு உட்பட்ட 85 சதவிகித தீண்டுதல்களில் தடை 0.1 ஓமிற்குக் கீழ் இருந்தன. இந்த விவரங்கள் தடைகள் காப்புஸ்டிஞல் அளக்கப்படாத ஒளிப் பலகைகளைத் தவிர இந்நூலாசிரியரின் தடயங்களோடு உடன்படுகின்றன.

இவ்வளவு குறைவான தடையினை உடைய தீண்டுதல்களின் எண்ணிக்கை காலத்தையொட்டி குறைகிறது. ஆஞலும் அதிகப் பயனீட்டிற்குப் பின்னரும் தீண்டுதல்களின் பெருமளவு குறைந்த தடையைக் கொண்டுள்ளன. செயல் முறையில் நிகழக்கூடிய தரைப் பாதைகளில் தொடர்பின்மை (இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் மொத்தம் சோதனை செய்யப்பட்ட தீண்டுதல்களில் இரண்டு அல்லது மூன்று சதம் ஆகும்) மிகவும் தீவிரமான பிரசினையாகும். ஏனென்ருல் தரை இணைப்பு மற்றும் நடுவி நில இணைப்பு இவற்றின் தொடர்பின்மைகள் அபாயத்தைத் தோற்றுவிக்கக் கூடும். எனவே கீழ்க்காணும் முடிவுகள் எட்டப்படுகின்றன.

தொடு தடையினையும் காப்பீட்டுப் பூச்சின் நம்பகத் தன்மையையும் சரிபார்த்தல் முழுமையான தரை இணைப்புக் கட்டுப்பாட்டின் முக்கியப் பகுதியாகும். சாதனத்திற்கும் நில இணைப்புச் சட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள சரியான இணைப்பு மற்றும் சாதனத்தின் உலோகத் தன்மையின் காப்பீட்டுப் பூச்சு ஆகியன தரை இணைப்பு மற்றும் நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதிகளின் நம்பகத்தன்மையை மேம்படுத்துகின்றன. நிலத்தடையின் எண் மதிப்பைப் பொருத்த அளவில் இயற்கை தரை மின்வாய்களைப் பயன்படுத்துவதைக் கணக்கில் எடுப்பதால் அவற்றைக் குறைவாகவே எப்பொழுதும் வைத்திருக்க வேண்டும் (குறிப்பிட்ட எல்லைகளுக்குள்).

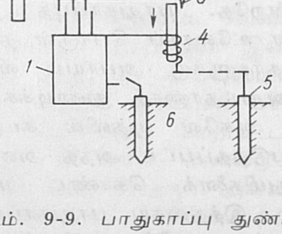
9-6. பாதுகாக்கும் துண்டிப்பு வரையறைகளும் பயன்களும்

பாதுகாப்புத் துண்டிப்பு என்பது ஒரு சாதனத்தின் உலோக உறை கடத்தாமை பழுதினல் தற்செயலாக மின்சாரம் பெறுவதனுல் அதன்மேல் தோன்றும் அழுத்தத்தில் இருந்து மனிதர்களையும் விலங்குகளையும் பாதுகாக்கும் ஒரு தனியான அமைப்பு. இதனது நோக்கம் நொதுமி தரை இணைப்புத் தொகுதி மற்றும் தரை இணைப்புத் தொகுதிகளைப் போன்றதே. பாதுகாப்புத் துண்டிப்பு முறைகள் ஒரு மின் பயனீட்டின் உலோகப் பொருள் தற்செயலாக மின்சாரம் பெற்று அதில் மனிதர்களுக்கு அபாயம் விளைவிக்கும் அழுத்தம் தோன்றும்பொழுது அது தாஞகத் துண்டிக்கப்படும் இயக்கத்தைப் பொருத்தது ஆகும். ஆகவே முதலில் கடத்தா நொதுமி மின் வழங்கிகளுக்காக ஏற்படுத்தப்பட்ட அந்த அமைப்பு தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட நொதுமிகளைக் கொண்ட மின் வழங்கிகளிலும் பயன்படுத்த இயலும். இத்தகைய பாதுகாப்பு 30ம் ஆண்டுகளில் ஓ. லெபல் என்பவரால் முதலில் கூறப்பட்டது. ஆஞலும் அதன் செயல்பாடு பல்வேறு தொழில் நுட்ப அமைப்புக் காரணங்களால் நிறுத்தி

வைக்கப்பட்டது. இந்தப் பாதுகாப்பை ஏற்படுத்தியதற்கு உயர்ந்த மதிப்பு ஆர். லெய்பவ் அவர்களுக்குக் கொடுக்க வேண்டும். அவரது மேற்பார்வையில் செயல்முறையில் பயன்படுத்தப்பட்ட அதிக அளவு பாதுகாப்பு உபாயங்கள் வடிவமைக்கப்பட்டன. ஐ. கிரோட்டா எட்டால் இந்தப் புதுவகை காப்பு முறையின் வளர்ச்சிக்கு மிகவும் உதவினார்கள். இவ் ஆசிரியர்களது ஆராய்ச்சி சுரங்கங்கள் மற்றும் நடமாடும் அமைப்புக்களில் மின் பாதுகாப்பினையொட்டி அமைந்தன. இந்த அமைப்புக்களில் செயல்முறைப் பயனீட்டையும் ஏற்படுத்தின. ஐ. சிக்னேவ் அவர்களது கட்டுரை பாதுகாப்புத் துண்டிப்பு பற்றி கூறுகிறது. ஆர்வம் ஊட்டும் வெளிநாட்டு வெளியீடுகள் பலவும் உள்ளன.

பாதுகாப்புச் சாதனங்கள் எவ்வாறு இயங்குகின்றன என்று நாம் பார்ப்போம். காப்பீட்டுப் பழுதுகளால் மின் பயனீட்டுக் கூடு மின்சாரம் பெறுவது இரண்டு நிலைகளில் நிகழக் கூடும். ஒன்று மின் பயனீடு தரை இணைப்பு செய்யப்படாதபோது. இரண்டு மின் பயனீடு தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டபோது.

முதலாம் நிகழ்ச்சி படம் 9-9ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. (தரை மின்வாயுடனான இணைப்பு முறிந்துள்ளது.) இத்தகைய நிகழ்ச்சியில் வேறு ஒரு தரை மின்வாய் மின் பயனீட்டின் சில தூரங்களுக்கு அப்பால் நிலத்தில் செலுத்தப்பட்டுள்ளது. (ஒரு இயற்கையான தரை மின்வாய் அது பாதுகாக்கப்படும் சாதனத்தின் உறையோடு இணைக்கப்படவில்லையானால் பயன்படுத்தப்படுகிறது.) பிறகு ஒரு பாதுகாப்புத் திறப்பானோ துண்டிப்பானோ பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். படம் 9-9ல் நன்கு விளங்கும் பொருட்டு திறப்பானின்



படம். 9-9. பாதுகாப்பு துண்டிப்பு

1- மின் பயனீட்டின் உறை ; 2- திரும்பும் சுருணை ; 3- துண்டிப்பு கத்திகளை நிலையில் வைத்திருக்கும் தாழ்ப்பாள் ; 4- துண்டிப்பு சுருள் ; 5,6- தரைமின்வாய்கள்

எல்லாப் பகுதிகளும் தனியாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன. பாதுகாப்பு திறப்பான் அல்லது துண்டிப்பான் மின் அழுத்தம் பெறும்பொழுது மின்னேட்டப் பாதையை முறிக்கக்கூடிய ஒரு கம்பிச் சுருளே கொண்டிருக்கின்றன. இந்தத் திறப்பானில் ஒரு பொத்தானே அழுத்துவதால் மின்னேட்டப்பாதையை மீண்டும் இணைக்கும் ஒரு இணைப்புச் சுருளேயும் பயன்படுத்தலாம். துண்டிப்புச் சுருளானது ஒரு தாழ்ப்பாளின் உதவியால் திறப்பானே மூடி வைத்திருக்கிறது. படத்தில் தாழ்ப்பாள் இல்லாத சுருளும் அழுத்தச் சுருள் 2 ஆல் வலுப்பெற்று திறப்பானின் கத்திகள் துண்டிக்கப்படுவதும் காட்டப்பட்டுள்ளன. அந்தச் சுருளின் ஒரு முனே மின் பயனீட்டின் உறையுடனும் மற்றொன்று தொலேவில் உள்ள தரைமின்வாயுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. காப்பீடு பழுது நேரும்பொழுது மின் பயனீட்டின் உறைக்கும் தொலேவில் உள்ள தரைமின்வாய்க்குமிடையே தறுவாய் அழுத்தம் தோன்றுகிறது. துண்டிப்புச் சுருளானது மின்சக்தி பெற்று மின்சாரத்தைக் கடத்துகிறது. விளேவாக அதன் நடுப்பகுதி இழுக்கப்பட்டுத் தாழ்ப்பாளே விட்டு விடு கிறது. வளேகம்பியானது திறப்பானின் கத்திகளே வெளியே இழுத்து மின்பாதையைத் தடுக்கிறது. மின் பயனீட்டின் உறையில் தொடு அழுத்தம் மறைவதால் அது தொடுவதற்கு பாதுகாப்பாக இருக்கும்.

மின் பயனீட்டுக் கூடு தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டிருந்தால் தரை மின்வாய்த் துண்டிப்பான் மூடப்பட்டு இருக்கும். காப்பீட்டுப் பழுது ஏற்பட்டவுடன் பயனீட்டின் கூட்டில் ஒரு மின் அழுத்தம் உருவாகும். ஆனல் இந்த அழுத்தம் இப்போது தறுவாய் அழுத்தத் திற்குச் சமமாக இருக்காது. இவ்வாருக உருவாகும் மின் அழுத்தம் தரை மின்வாயில் தோன்றும் அழுத்தக் குறைவால் நிர்ணயிக்கப்படும். அது தரையில் பாயும் மின்னேட்டத்தின் மற்றும் தரைமின்வாயின் தடையின் பெருக்குத் தொகையாக இருக்கும். இந்நிகழ்ச்சியில் திறப்பானின் சுருள் குறைந்த அழுத்தத்தால் இயக்கப்படக்கூடியதாக இருக்கும். இவ் விரண்டு பாதுகாப்பு முறைகளும் அடிப்படையில் ஒன்றுனவை.

பாதுகாப்புத் துண்டிப்பின் முக்கியமான அம்சம் பழுதான பயனீட்டை விரைவாகத் துண்டிப்பதே. துண்டிப்பு எவ்வளவு விரைவாக இருக்கிறதோ அவ்வளவு நம்பகமானது. பாதுகாப்பு. பாதுகாப்புத் துண்டிப்பின் அனுகூலங்களில் ஒன்று அவை பழுதின் ஆரம்பக் கட்டத்திலேயே தொடுதல் முழுமையாவதற்கு முன்னுலேயே இயங்க இயலும். இது மிகவும் மதிப்பிற்குரியது. இத்தகைய பாதுகாப்பு அமைப்பு தரை மின்வாய்களேயும் பயன்படுத்துவதால் ஏற்படுகிறது. ஆனல் இந்தப் பிரச்சினேயை எளிதாகத் தீர்க்க முடியும். துண்டிப்பு சுருளின் தடை துணே தரை மின்வாயின் தடையைவிடப் பன்மடங்குகள் உள்ளதாக நாம் தேர்ந்தெடுக்கமுடியும். துணே தரை

இணைப்பாக ஒரு இயற்கை மின்வாய் இருந்தால் பாதுகாப்பு துண்டிப்பு மிகவும் எளிதாக்கப்படும்.

பாதுகாப்பைப் பொருத்தவரையில் காப்பு துண்டிப்பின் பயனீடு அதிக குறைபாடுகளையும் கொண்டது. மின் பயனீடுகளைக் கட்டிட உலோக அமைப்பு எஃகு அடித் தளங்கள் உத்திரங்கள் போன்ற வற்றிடமிருந்து பிரிப்பது கடினம். ஆகவே மின் பயனீடுகளின் கூடுகளும் மூடிகளும் ஓரளவிற்கு மின்சாரத்தால் இணைக்கப்பெற்றிருப்பது கருதப்படவேண்டும். பத்தி 9-4ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஆராய்ச்சி விவரங்கள் மின் மூல மின்மாற்றியின் நொதுமி தரை இணைப்புச் செய்யப்பட்டிருந்தால் மின் பயனீட்டு மூடிகளில் ஏற்படும் காப்பீட்டுப் பழுதின் விளைவாகச் சேதமுற்ற இடத்திலிருந்து வெகு தொலைவிலும் சிக்கலான தரை இணைப்புத் தொகுதிகளில் மின் அழுத்தம் உருவாகலாம் என்று தெரிகிறது. இந்த அழுத்தம் அதிக எல்லைகளில் வேறுபடும். 380/220 வோல்ட்டு மின் வழங்கிகளில் 100 வோல்ட்டையும் தாண்டக் கூடும். பாதுகாப்புத் துண்டிப்பு வசதிகள் நல்ல நிலையில் உள்ள மின் பயனீடுகளையும் தவறுதலாகத் துண்டிக்கக் கூடும். இத்தகைய தவறான இயக்கங்களைத் தவிர்ப்பது கடினம். பல நிகழ்ச்சிகளில் முற்றிலும் இயலாது. ஆகவே நொதுமி தரை இணைப்புள்ள மின் வழங்கிகளில் காப்பு துண்டிப்பின் பயன் ஓர் எல்லைக்குட்பட்டதே. நிலக்கரிச் சுரங்கங்கள் மற்றும் நிலத்தில் இருந்து தாதுப் பொருட்களை எடுக்கும் சுரங்கங்கள் போன்றவற்றில் காப்பீடு செய்யப்பட்ட இணைப்புத் தொகுதிகளும் நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட இணைப்புத் தொகுதிகளோடு அமைந்திருக்கும். என் சிஸ்கின் [81] போன்றோரது ஆராய்ச்சிகள் மின் வழங்கிகளில் காப்புத் துண்டிப்பை அறிமுகப்படுத்த உதவின. தீ மற்றும் வெடி அபாயங்கள் கொண்டவேறு நிறுவனங்களிலும் காப்பீடு செய்யப் பட்ட நொதுமி இணைப்புத் தொகுதிகள் இன்னும் உள்ளன. இங்கு காப்புத் துண்டிப்பின் பயன் சந்தேகமின்றி நிலையானது.

காப்புத் துண்டிப்புச் சாதனங்கள் நொதுமி தரை இணைப்பு மற்றும் தரை இணைப்பு அமைப்புக்களைவிட அமைத்து நிறுவுவதற்குக் கடினமானவை. ஆனாலும் கருவித் தயாரிப்புத் தொழிலின் முன்னேற்றத்தால் ஓரளவு கடத்திகளையும் காந்தப் பெருக்கிகளையும் கொண்ட சிறிய சாதனங்களைப் பாதுகாப்பது சாத்தியமாகிறது. பாதுகாப்புத் துண்டிப்பு முறைகள் சலவை இயந்திரங்கள், இஸ்திரிப் பெட்டிகள் போன்ற வீட்டு ஆய்கருவிகளுக்கும் மற்றும் தான் இயங்கு தொட்டிகள் பால் சுரக்கும் பொறிகள் போன்ற விவசாய உபாயங்களுக்கும் தொழிலியல் நடவடிக்கைகளின் பல்வேறு பிரிவுகளுக்கும் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படும் என்று ஆசிரியர் நம்புகிறார். துண்டிப்பு சாதனங்களோடு தொடர்புள்ள சிறிய உணர்த்திகள் எளிதாக உற்பத்தி செய்யப்படக்கூடும்.

பத்தாம் அத்தியாயம்

1,000 வோல்ட்டு மேலுள்ள துணை மின் நிலையங்களில் நில இணைப்பின் வடிவமைப்பு

10-1. பொதுவான கருத்துக்கள்

நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் அமைப்புகளில் ஒவ்வொரு முறிவும் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் பழுதுபட்ட பிரிவு துண்டிக்கப் படுவதை விளைவிக்கிறது. ஆனால் பாதுகாப்பை மேம்படுத்துவதற்கு இந்த முறை மட்டும் போதுமானதல்ல. சாதாரணமாக மின்சாரம் செல்லாத மின் சாதனங்களின் தனிப்பட்ட பகுதிகளில் உயர்ந்த ஆகையால் அபாயமான தொடு அழுத்தம் தோன்றக் கூடும் 110 கிலோ வோல்ட்டிற்கு மேல் அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்துகின்ற தற்கால இணைப்புத் தொகுதிகளில் சில 1,000 ஆம்பியர்கள் அளவுள்ள மின்னோட்டம் நிலத்தில் பாயக்கூடும். இவற்றையொட்டியே தொடு அழுத்தங்கள் அமையும்.

தரை இணைப்பு கட்டுமான விதிமுறைகள், மின் அமைப்புக்களில் கட்டுமான விதிமுறைகள் மற்றும் மின்நிலையங்கள் மூலங்கள் தொழிலியல் அமைப்புக்கள் இவற்றின் தொழில் நுட்ப பராமரிப் பிற்கான விதிமுறைகள் போன்ற நியமங்களில் மின் பாதுகாப்புப் பிரச்சினைகளைப் பற்றி இரண்டு விதமான கண்ணோட்டங்கள் சோவியத் நாட்டிலும் வெளிநாட்டிலும் காணப்படுகின்றன. அவற்றில் ஒன்றின்படி தொடு அழுத்தத்தைக் குறிப்பிட்ட அதிக எல்லைக்குத் தாண்டாமல் வைத்திருப்பதன் மூலம் பாதுகாப்பை நிலைநாட்டலாம். இந்த அணுகு முறையின்படி தரையின் தடைக்குச் சிறப்பான தேவைகள் மற்றும் தடையின் மதிப்பில் பாதுகாப்பு எல்லைகள் குறிப்பிடப்படவில்லை. மற்றொரு நோக்கு தரை இணைப்பு சாதனத்தின் தடைக்குச் சில தேவைகளைக் குறிப்பிடுகின்றது. அந்த அணுகுமுறையை ஒட்டிய பாதுகாப்பு விதிகள் மின் அழுத்த மட்டங்களைச் சமப்படுத்தும் முறைகளைக் கொண்டுள்ளன. ஆகவே விபத்துக்களை உண்டாக்கும் காரணங்கள் மறைமுகமாக நீக்கப்படுகின்றன.

இந்நாட்டில் ஆராய்ச்சியாளர்கள் மத்தியில் படிப்படியாகத் தரை இணைப்பின் வடிவமைப்பைப் பற்றிய ஒரு பொதுக் கருத்து எட்டப் பட்டது. அது தரை இணைப்புத் தடை மற்றும் தொடு, மிதி அழுத்தங்கள் இவற்றிற்கான பாதுகாப்பு முறை அலகுகளை எல்லைப் படுத்துவதற்கான கணக்கீடுகளின் தேவை பற்றியது. விளைவாகத் தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பு, கட்டுமானம் மற்றும்

அவற்றைப் பயன்படுத்துவது ஓரளவு சிக்கலானது. ஆனாலும் மின் துணை நிலையங்களின் பயனீட்டு அனுபவம் இத்தகைய சிக்கல்களை வேண்டுவது இல்லை. அதனால்தான் மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகள் (1966) துணை மின் நிலைய தரை இணைப்பு உபாயங் களுக்குப் பாதுகாப்பு எல்லைகளைத் தரைத் தடைக்கு மட்டுமே கொடுக் கிறது (1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ளவற்றிற்கு 0.5 ஓம் கீழ் உள்ளவற்றிற்கு 4 ஓம்கள்). தொடு அழுத்தத்திற்கும் மிதி அழுத்தத் திற்கும் எல்லைகள் குறிப்பிடப்படவில்லை. எனினும் பத்தி 1-7-30ல் இந்த அழுத்தங்களுக்கு வழிவகைகள் கூறப்பட்டுள்ளன.

இந்த விதிமுறைகளின்படித் தற்செயல் அழுத்தங்களைத் தவிர்ப்பதற் காக அதிக மின்னோட்டங்கள் தரைக்குச் செல்லும் அமைப்புக்களுக்கு, வெளியே உள்ள தரை இணைப்புப் பகுதியில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள மின் பயனீடுகள் 380/220 வோல்ட்டு அல்லது 220/120 வோல்ட்டு அழுத்தமுள்ள நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட மின்மாற்றிகள் மூலம் மின்சாரம் அளிக்கப்படக் கூடாது. மிகவும் அவசியப்பட்டால் இந்த மின் பயனீடுகள் கடத்தாமை செய்யப்பட்ட நொதுமியுள்ள மின்மாற்றிகள் மூலம் மின்சாரம் கொடுக்கப்பட வேண்டும்.

பத்தி 1-7-30ல் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகளின்படி ஆண்டின் எந்த நேரத்திலும் 0.5 ஓமிற்குள் இருக்க வேண்டிய தரைத் தடைகள் அதே விதிமுறைகளால் பாறைப் பகுதிகளுக்கும் எப்போதுமே வறட்சியான பூமிகளுக்கும் அதிகப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. விதிமுறைகளின் இந்தப் பத்தி குறிப்பிடப் படுவதின் காரணம் அவ்விதிமுறைகள் தொடு மற்றும் மிதி அழுத் தங்களை வெளிப்புற துணை நிலையங்களில் குறைக்க வேண்டியதின் அவசியத்தை மட்டும் குறிப்பிடாது செய்ய வேண்டிய நடவடிக்கைகள் பற்றியும் குறிப்பிடுகின்றன என்று நாம் வலியுறுத்த விரும்புகிறோம். ஜெர்மன் நாட்டிலும் அமெரிக்க நாட்டு மின்சாரப் பொறியாளர்கள் கழகத் தின் சிபாரிசுகளிலும் இத்தாலி நாட்டு மின்நுட்பக் குழுவின் நியமங்களிலும் இந்தப் பிரசினை வேறுவிதமாகத் தீர்க்கப்படுகிறது. இங்கு மிதி மற்றும் தொடு அழுத்தங்கள் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. தரைத் தடை கட்டுப்படுத்தப்படவில்லை. இத்தகைய அணுகுமுறை தோன்றியதன் காரணம் செயல்முறைப்படி தரைமின்வாயின் மொத்த அழுத்தம் பாதுகாப்பு மதிப்பிற்குள் இருக்குமாறு தரைமின்வாயின் தடையைக் கட்டுப்படுத்த முடியாது. சில ஆசிரியர்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் எடுக்கப்படும் பலவிதமான தேவையான முறைகளின் பயனாகத் தரை இணைப்புத் தடை குறிப்பிட்ட எல்லைகளுக்குள் வைக்கப்பட முடியும் என்று கருதுகிறார்கள். சோவியத் நாட்டில் இந்தக் கருத்தை ஆதரிக்கும் தலையான ஆசிரியர்களில் ஒருவர் ஏ. ஓசுலான் [45, 53, 62, 63] ஆவார். தற்பொழுது 1,000 வோல்ட்டு மேலுள்ள அழுத்தங்களில் தரை இணைப்பு அலகுகளைப் பாதுகாப்பு எல்லைக்குள் கொண்டுவரு வதில் அனுகூலங்களையும் பிரதி கூலங்களையும் ஒப்பிடுவோம்.

மேற்கூறிய அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தும் அமைப்புக்களின் பணியாளர்கள் போதுமான தகுதியுடையவர்கள். அவர்கள் துணை நிலையத்தைப் பயன்படுத்தும் நேரமும் குறைவு. மேலும் அந்தப் பணியாளர்கள் கூடுதலான பாதுகாப்பு சாதனங்களின் உதவியால் பழுதுபார்க்கும் வேலைகளும் பராமரிப்புச் செயல்களும் ஓரளவு செய்கிறார்கள். ஆகையால் வழக்கமாகவே இங்கு பாதுகாப்பு அழுத் தங்களின் வடிவமைப்பு தொழில் நிறுவனங்களுக்கும் வீட்டு உபயோ கச் சாதனங்களுக்கும் உள்ளதைவிட மிக அதிகமானதாக கருதப்ப டுகிறது.

தரை இணைப்புத் தடையின் கணக்கீடு பாதுகாப்பு அழுத்தம் போன்ற சொற்களைக் குறிப்பிடுவதை அனுமதிப்பதில்லை. ஒரு வெளிப்படையான அனுகூலம் என்னவென்றால் இங்கு பாதுகாப்பு வசதிகளை எளிதாகச் சரிபார்க்க முடியும். ஆனாலும் இது பழக்கத்தில் இல்லை. ஏனென்றால் விதிமுறைகள் மின்னழுத்தம் சமமாக இருக்கும் தேவையைக் குறிப்பிடுகின்றன. மேலும் சமப்படுத்தும் பாதைகளைக் காணுகின்ற செயல்முறை யோசனைகளையும் கூறுகின்றன. ஆனாலும் விதிமுறைகள் இந்தத் தேவைகள் எவ்வாறு ஒருங்கிணைக்கப்பட வேண்டும் என்று குறிப்பிடவில்லை. செயல்முறையில் உள்ள விதிமு றைகள் துணை மின் நிலையங்களின் தரை இணைப்புத் தடை உயர்ந்த பரப்புத் தடைத்திறனில் பத்து பங்கு அதிகரிக்கப்படுவதை அனும திக்கின்றன. உயர்ந்த தடைத்திறன் உள்ள மண்ணில் மனித உடலின் மூலம் மின்னோட்டம் பாயும் பாதையின் வடிவமைப்பில் தொடர்ச் சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ள காலிற்கும் தரைக்கும் இடையே உள்ள தொடு தடையும் சேர்க்கப்பட வேண்டும். ஆகையால் முன்னர் குறிப்பிட்ட விதிமுறைகள் சரியானவையே. ஏ. ஓசுலான் அவர்களது ஆதாரமான கருத்துக்களால் மேற்கூறிய தேவைகளுக்கான வழிவகை கள் செய்யப்பட்ட தரை இணைப்பின் வடிவமைப்பு தரை இணைப்பின் செலவினத்தை முக்கியமாகப் பாறைப் பகுதியிலும் அதிக பரப்பு தடைத்திறன் கொண்ட பகுதிகளிலும் வெகுவாக அதிகரிக்கும். அதிக கடுமையான எதிர்ப்பு என்னவென்றால் பணத்தின் மனித சக்தியின் அளவீட்டிற்குப் பொருத்தக்கூடிய தேவையான பயன் கிடைக்காது.

இந்தப் பிரசினையில் எழப்பட்டுள்ள எல்லா எதிர்ப்புக்களும் தரை இணைப்பு அலகுகளை எல்லைப்படுத்தும் முழுமையான முறையை மதிப்பிடுவது தவிர்க்க முடியாதது என்று உணர்த்துகின்றன. இது இவ்வாறு இருக்கப் பல நாடுகளில் மிதி மற்றும் தொடு அழுத்த எல்லைகள் விதிக்கப்பட்டு வருகின்றன. அந்த அறிக்கையில் ஜி. டால்ஜியில் அவர்கள் நடத்திய ஆராய்ச்சியின் வாயிலாகப் பெறப்பட்ட மதிப்பெண்களைக் கொண்டு தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களைக் கணக்கிடுவதற்கான சிபாரிசுகள் உள்ளன. இந்தப் பிரசினை பற்றி நடைபெற்ற விவாதங்கள் அந்த அறிக்கையில்

கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பலவகை தரை இணைப்பு முறைகளை வடிவமைப்பதற்குத் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களை எவ்வாறு கணக்கிட வேண்டும் என்பதற்கான உதாரணங்கள் அவ்வறிக்கையில் உள்ளன. தரை இணைப்பு அலகுகளை எவ்வாறு எல்லைகளுக்குள் வைத்திருப்பது என்பதும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. அதே அறிக்கைகள் இந்தப் பிரசினையின் அடிப்படை தீர்வாகச் சமப்படுத்தும் பின்னல் தட்டி அமைப்புகளை வெளிப்புறப் பகுதிக்குச் சிறிது ஆழத்தில் வைக்க வேண்டியது பற்றியும் கூறியுள்ளன. வேறு வார்த்தைகளில் மின் அழுத்தச் சாய்வின் கட்டுப்பாடு வலியுறுத்தப்பட்டுள்ளது.

இத்தகைய தரை இணைப்பு உபாயங்களுக்கான மாறுதல் ஜெர்மனி, ஸ்பெயின், ஃபிரான்சு மற்றும் வேறு சில நாடுகளிலும் நடைபெற்று வருகிறது. இங்கு மின்தடையில் குறிப்பிட்ட மதிப்பெண்களுக்கான தேவைகள் கருதப்படுவதில்லை. வெளிநாட்டு ஆசிரியர்களின் வெளியீடுகளில் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களின் மதிப்பெண்களில் எல்லைகள் டால்ஜியல் [96], சுவான் [137], போல் [138] மற்றும் பிறர்களின் ஆராய்ச்சி விவரங்களால் நிலைநாட்டப்படுகிறது. இந்த எல்லைகள் 50 முதல் 200 வோல்ட்டு வரை ஆகும். முன்னர் வழங்கியபடி அதிகம் நிலவி வரும் குறிப்பு மதிப்பு 125-150 வோல்ட்டு ஆகும்.

பல்கேரியா நாட்டில் தரை இணைப்பு மின்வாய்களின் வடிவமைப்பு பற்றி சுவையான ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. ஆராய்ச்சியாளர்கள் தரை இணைப்பு வடிவமைப்பில் முரண்படும் இரண்டு போக்குகளுக்கு இடையே சமரசம் காண முயற்சித்துள்ளனர். பல்கேரியா ஆராய்ச்சியாளர்கள் அழுத்தங்கள் சமப்படுத்தப்படக் கூடுமானல் தரை இணைப்புத் தடையினை 0.5 ஓமிற்கு மேல் அதிகரிப்பது சாத்தியம் என்று கருதுகிறார்கள்.

இதே கருத்து சோவியத் நிபுணர்களாலும் (ஏ. ஒசுலோன் உள்ளிட்ட) மேற்கொள்ளப்பட்டது. அவர்களது நிலையைக் கீழ்காணுமாறு குறிப்பிடலாம். 110 கிலோவோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களை விரிவாகப் பயன்படுத்துவதால் நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டுள்ள மின் மூலங்களுக்கு மொத்தமாக மாறியது தரை இணைப்பின் வடிவமைப்பின் தேவைகளை மிகச் சிக்கலாக்கியது. கடத்தும் திறனுடைய ஒரு தரை இணைப்பு முறையையும் சமப்படுத்தும் கம்பி வலை அமைப்பையும் பயன்படுத்திப் பாதுகாப்பு வேலைநிலைமைகளை உருவாக்குதல் மிகவும் அவசரமானது. மேற்கூறிய முரண்பட்ட கருத்துக்களை எவ்வாறு விளக்குவது? விதிமுறைகளை ஏற்படுத்திய ஆசிரியர்கள் ஏடுகளில் காணும் கருத்துக்களை அறியாது இருக்கலாம் அல்லது தரை இணைப்பின் வடிவமைப்பின் புதிய முறையில் ஆதரவாளர்களால் சேகரிக்கப்பட்ட அனுபவத்தை ஒதுக்கிவிட்டுத் தரை மற்றும் தொடு அழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் பாதுகாப்பு காரணிகளை மிகைப்படுத்திக் கூறலாம்.

விதிமுறைகளில் பத்தி 1-7-30ல் காணுகின்றபடி துணைமின்நிலைய பகுதியில் அழுத்தங்களைச் சமப்படுத்துவதின் முக்கியத்துவம் சந்தேகிக்கப்படவில்லையென்று வலியுறுத்திக் கூற வேண்டும். விதிமுறைகளில் அமெரிக்க நாடு மற்றும் பிற நாடுகளில் இதைப் போன்ற செந்தரங்களில் குறிப்பிட்டுள்ளது போலத் தரையோடு அதிக மின்னோட்டம் கொண்ட மின் அமைப்புப் பகுதிகளில் அழுத்தங்களைச் சமப்படுத்துவது குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. ஒரு அடிப்படை வேறுபாடு என்னவென்றால் மின் அமைப்புக்களில் கட்டுமான விதிமுறைகள் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்த எல்லைகளைக் குறிப்பிடவில்லை. ஓரளவிற்கு மின்காயம் பற்றிய வேறுபட்ட கருத்துக்கள் இதன் காரணமாகும். மேலும் அடிப்படை கருத்து வேறுபாடு எல்லைப்படுத்துவதற்கான விவரங்களைக் கொடுத்த அமெரிக்க நிபுணர்களின் கருத்துக்களின் பேரிலேயே உள்ளது.

தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களின் கணக்கீடுகளுக்கு 150 வோல்ட்டு அழுத்தத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம். 150 வோல்ட்டு அழுத்தத்திற்குக் கீழுள்ள அழுத்தக்களில் காயம் ஏற்படும் சாத்தியக் கூற்றினை இது மறுக்கவில்லை. 150 வோல்ட்டு அழுத்தமானது பாதுகாப்பானது அல்ல. உயர்ந்த அழுத்தத் துணைமின் நிலையங்களில் தரை இணைப்பு முறைகளை வடிவமைக்க வடிவமைப்பு அழுத்தமாக அதனைக் கொள்ளலாம். இந்தத் துணை மின் நிலையங்கள் சிறப்புப் பணியாளர்களால் கவனிக்கப்படுகின்றன. இங்கு பணியாற்றுதல், காப்புக் கையுறைகள் ரப்பர் கால் மேலுறைகள் காப்புத் தரைகள் போன்ற காப்பு உடைகளையும் சாதனங்களையும் பயன்படுத்துவதை உள்ளடக்கியது. விழிப்பு காரணியாலும் பாதுகாப்பு விளைகிறது. ஆகவே 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் அமைப்புக்களுக்குத் தரை இணைப்பு வடிவமைப்பிற்கு 150 வோல்ட்டு சரியானதே.

தரை இணைப்பு முறைகளை வடிவமைக்கும்போது தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களுக்குச் செய்யும் வழிவகைகள், பலகீனமான இடங்களைச் சுட்டிக்காட்டுவதால் பயனளிக்கவல்லன. நவீனமான விதிமுறைத் திட்டங்கள் கொண்ட கணிப்பிகளைப் பயன்படுத்திக் குறைந்த காலத்தில் பலவகைப்பட்ட சிக்கலான மண் அமைப்புகளிலும் வடிவமைப்பு விவரங்களைப் பெற இயலும்.

110 கிலோ வோல்ட்டிற்கு மேல் நொதுமி தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட இணைப்புத் தொகுதிகளுடன் இயங்கும் துணைமின் நிலையங்களில் தரை இணைப்பு கட்டுமானம் மிகச் சிக்கலான பிரச்சினைகளைக் கொடுக்கிறது. ஆகவே அத்தகைய தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பின் தொடர்பான அடிப்படை நிலைகளை நாம் விவாதிப்போம். நுட்ப விவரங்கள் மற்றும் அடிப்படைக் கருத்துக்கள் பாதுகாப்பு நோக்கங்களை ஒட்டியே கொடுக்கப்படும். நில இணைப்புச் சாதனத்தின் நம்பகமான இயக்கம் சரியான கணக்கீடுகள் சரியான வடிவமைப்பு சரியான பயன் இவற்றின் மூலமே பெறப்படும்.

10-2. துணை மின் நிலையங்களில் தரை இணைப்புக் கருவிகளின் கட்டுமானங்களில் செய்யப்படும் இயக்கங்கள்.

துணை மின்நிலையத் தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப் பின் மூலம் அடையக்கூடிய இயக்கங்களின் நோக்கு கீழே கொடுக் கப்பட்டுள்ளது. இயக்கங்கள் சரியான தொழில் நுட்ப வரிசையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1. மண்ணின் பண்புகளை ஆய்வதும் அதனது பரப்பு தடைத் திறனைத் தெரிந்தெடுப்பதும்.

2. குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் மதிப்பிட்ட மற்றும் உயர்ந்த பட்ச அளவுகளை நிர்ணயித்தல்.

3. துணை மின் நிலையத்தின் உண்மையான தரைப்படத்தின் எல்லாச் சாதனங்கள் மற்றும் பின் அணியில் கட்டுமானங்களின் தொகுதிக்குள்ளே தரை இணைப்பு மூலப் பாதைகளையும் அவற்றின் இடங்களையும் முதலாவதாகத் தெரிந்தெடுத்தல்.

4. மேற்கூறிய தரை இணைப்பு மூலப் பாதைகளின் மொத்த கடத்தும் திறனை நிர்ணயித்தல்.

5. துணைமின் நிலையத்தின் எல்லா அடிப்பகுதிகளும் கொண்டுள்ள கடத்தும் திறனைத் தோராயமாக மதிப்பிட்டு நிர்ணயித்தல். (அடிப் பகுதிகள் - அடித்தளங்கள், தூண்கள் கீழ்ப்பாகங்கள் உலோக அமைப்புகள் போன்றவை)

6. கம்பி வட அமைப்பு தரை இணைப்புத் தடையை நிர்ணயித்தல்.

7. மூன்றுக்கும் ஆறுக்கும் இடையில் மொத்தக் கடத்தும் திறனை முதலில் நிர்ணயித்தல்.

8. தரை இணைப்புக் கருவியின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தத்தைத் தோராயமாக நிர்ணயித்தல்.

9. தொடு அழுத்தத்தை நிர்ணயித்தல். அதில் 1. துணைமின் நிலையப் பகுதிக்குள் பின்னல் கம்பி அமைப்பிற்குள். 2. துணைமின் நிலையப் பகுதிக்கும் பின்னல் கம்பி அமைப்பிற்கும் வெளியே.

10. மின் அழுத்தத்தை நிர்ணயித்தல். அதில் 1. பின்னல் கம்பி அமைப்பிற்குள். 2. துணைமின் நிலையத்திற்கும் பின்னல் கம்பி அமைப்பிற்கும் வெளியே.

11. பலவீனமான இடங்களில் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களை நிர்ணயித்தல்.

12. தரை இணைப்பு முறைகளின் ஆரம்பக் கடத்தும் திறனை அதிகரிப்பதை முடிவு செய்ய ஆரம்பக் கணக்கீடுகளை மதிப்பிடுதல்.

13. கூடுதலான நேராகப் பதிக்கப்பட்ட தரை மின்வாய்களையும் அபாயமான இடங்களில் சமப்படுத்தும் பின்னல் அமைப்புகளையும் கணக்கில் கொண்டு தேவைப்பட்டால் தரை இணைப்பு முறைகளின் கடத்தும் திறனை அதிகரித்தல்.

14. தரை இணைப்புப் பாதையின் மொத்தக் கடத்தும் திறனை

13ல் செய்யப்பட்ட கூடுதலான நடவடிக்கைகளையொட்டி மீண்டும் கணக்கிடுதல்.

வெளிப்புறப் பாதைகளினாலும் மண்ணில் செயற்கை முறைகளை மேற்கொண்டும் கடத்தும் திறனை அதிகரிப்பது பற்றி முடிவு செய்ய இந்த மறு கணக்கீடு தேவையாகிறது.

15. தற்செயலான அழுத்தங்களை நிர்ணயித்தல்.

16. மின்னல் வெளிச் செலுத்திகள், பொறி இடைவெளிகள் சக்தி, மின்மாற்றிகள் (தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட நொதுமியைக் கொண்டவை) போன்றவற்றின் இடங்களில் கூடுதலான தரை மின் வாய்களை அமைத்தலும் தரை இணைப்பு முறைகளை வடிவமைத்தலும்.

17. தரை இணைப்பு முறைகளைச் சோதனை செய்தல்.

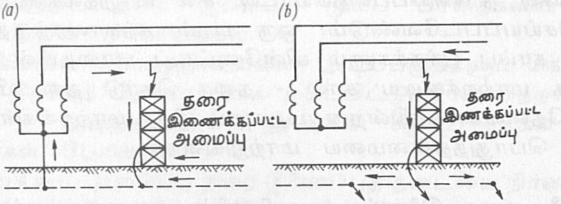
மேலே குறிப்பிட்டுள்ள தரை இணைப்பு வடிவமைப்பு அட்டவணை வெளிப்புறத் துணைமின் நிலையங்களில் பயன்படுத்தப்படும் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டுள்ள நொதுமித் தொகுதிகளுக்கானது. உட்புற துணைமின் நிலையங்களில் சமப்படுத்தும் அழுத்தங்களில் உள்ள வேறுபாடுகள் நிர்ணயிப்பதையொட்டி சில மாறுதல்களும் திருத்தங் களும் செய்யப்படவேண்டும். ஒரு புறம் கற்காரைத் தரைகளும் பல்வேறு காப்பு பூச்சுக்களும் மின்னோட்டப் பாதையின் தடையை வெகுவாக மாற்றக்கூடிய கால் - தரை தொடு தடையின் கணக் கீட்டினை தேவையாக்குகின்றன. மறுபுறம் இந்த மாற்றங்கள் அழுத்தச் சாய்வின் பொதுத்தன்மையை மாற்றுகின்றன.

10-3. தரை இணைப்பு கருவிகளின் வடிவமைப்புக்கான முதல் தகவல்

மண் பண்புகளின் ஆய்வு. தரையின் மூலம் செல்லும் மின் னோட்டப் பாதையைப் பொருத்த வரையில் நம்பகமான தரை இணைப்பு மண்ணில் மின் கடத்தும் திறனைப் பொறுத்து இருக்கிறது. மேற்பரப்பின் மின் கடத்தும் திறன் அதனது ரசாயன பகுதிகள் மணல் பகுதிகள் ஈரத்தை உறிஞ்சுதல் ஈரத்தை எதிர்த்தல் போன்ற பண்புகளைப் பொருத்து இருப்பதால் மண்ணின் கடத்தும் திறனை அளவிடுவதில் மிகுந்த துல்லியமோ சிக்கலான கணக்கீடுகளோ தேவையில்லை.

ஆனாலும் தரை இணைப்பு முறைகளின் சரியான அறிவு பூர்வமான வடிவமைப்புக்கு மண்ணின் பரப்புத் தடைத்திறன் நீர் சலன பண்புகள் போன்ற மின் பௌதிக பண்புகளை விரிவாக மதிப்பிட வேண்டியுள்ளது. மேலும் அடித்தளங்கள் ஈரத்தைச் சேர்த்துவைக்கக் கூடியவைகள் என்று பார்க்க வேண்டியுள்ளது. அப்போது அடிப் பகுதிகள் ஈரமாகவும் கடத்தக்கூடியனவாகவும் இருக்கும். அதிகமான இடங்களில் மண்ணின் ஈரத்தன்மை ஆழத்தையொட்டி அதிகரிக்கிறது. ஆகையால் அதிகக் கடத்தும் திறன் பெறுவதற்காகத் தரை மின்

வாய்கள் இயன்ற அளவு அதிகமான ஆழத்தில் வைக்கப்பட வேண்டும். தற்போது 5 முதல் 10 மீட்டர் வரையான நீளத்தில் ஆழப்பதிக்கப்பட்ட தரை மின்வாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சில சமயங்களில் அவை இன்னும் நீளமாக இருக்கக்கூடும். தரை மின்வாயைப் பதிக்கும் முறை இயந்திர மயமாக்கப்பட்டுவிட்டது. ஆழமாகப் பதிக்கப்பட்ட தரை மின்வாய்கள் அனுகூலமானவை. ஏனென்றால் ஈரத்தின் அளவு 20 சதவிகிதத்திற்குக் குறையும்பொழுது தடைத்திறன் உயருகிறது. அதனால்தான் துணைமின் நிலையப் பகுதியில் மேற்கொள்ளப்படும் மண் புலனாய்வு ஈரத்தின் பகுதிகளைப் புலப்படுத்த வேண்டும். இது தொடர்பான மிகவும் பயனுள்ள விவரங்கள் மின் இயல் தரை அளவு நுட்பத்தால் கிடைக்கப்பெறும்.



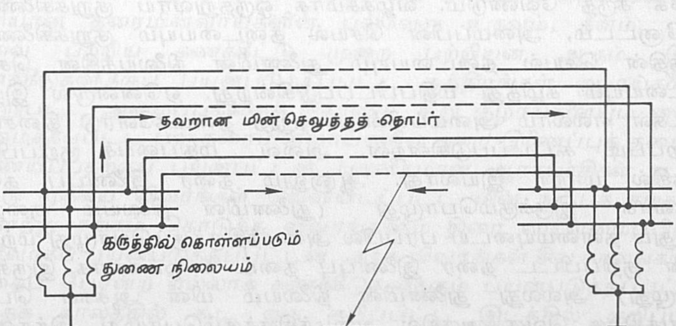
படம். 10-1. துணைமின்நிலையப் பகுதியில் காப்பீட்டுப் பழுதினால் மின்னோட்டம் பாய்தல்.

வடிவமைப்பு மின்னோட்டம். துணை மின் நிலையத்திலாவது அல்லது வெளியிலாவது ஒரு குறுக்கிணைப்பு நேரிடும்பொழுது அந்தத் தரை மின்வாயின் வழியாக ஒழுகிச் செல்லும் அதிக பட்ச மின்னோட்டம் (முதல் சுற்றுக்குள் நிகழும் காலப பகுதியின் சராசரி மின்னோட்ட மதிப்பு) துணைமின்நிலைய நில இணைப்பு முறைகளுக்கான வடிவமைப்பில் விதிமுறைகள் கூறுகின்றபடி அறிமுகப்படுத்தும் மாறுதல்களுக்கான வடிவமைப்பு மின்னோட்டம் ஆகும். கீழ்க்காணும் தனியான நிகழ்ச்சிகள் நிகழக் கூடியன (படம் 10-1).

1. துணைமின் நிலையத்தில் மட்டும் மின்மாற்றியின் நொதுமி முனைகள் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டுள்ளபொழுது அங்கு நிகழும் குறுக்கிணைப்பு (படம் 10-1A). தரையில் பாயும் மின்னோட்டம் மின்மாற்றியின் நடுவிக்குத் துணைமின் நிலையத்தின் தரை இணைப்பு முறையின் மூலம்தான் செல்லும். ஏனென்றால் அதன் மூலம் நொதுமி உலோகத்தால் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்னோட்டத்தின் மிகக் குறைந்த பகுதிதான் நேரடியாக நிலத்தில் பாயும்.

2. மின் பாதைக்குத் தொலைவு முனையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் துணைமின் நிலையத்தில் மின்மாற்றியின் நொதுமிகள் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டபொழுது அங்கு நிகழும் குறுக்கிணைப்பு (படம் 10-1B) மின்பாதையின் நீளம் முழுதும் தரை இணைப்புக் கம்பிகள் தொங் கவிடப்பட்டுள்ளன. இந்த நிகழ்ச்சியில் தரை இணைப்பு கம்பிகள் வழியாகப் பாயும் பகுதியைத் தவிர எல்லாக் குறுக்கிணைப்பு மின் னோட்டமும் அதாவது கம்பி வடம் - அடித்தளப்பாதை இவற்றின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டம் தரை முறையின் மூலம் பாயும். அதுவே வடிவமைப்பு மின்னோட்டமாகும்.

3. மின்மாற்றியின் நொதுமிகள் அந்தத் துணைமின் நிலையத்தில் மட்டுமில்லாது மற்றத் துணைமின் நிலையங்களிலும் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும்பொழுது துணை மின் நிலையத்தில் நிகழும் குறுக்கிணைப்பு பாதை. நீளம் முழுவதும் தரை இணைப்பு கம்பிகள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. அந்தத் துணை மின் நிலையத்தில் செல்லும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் பகுதி துணைமின் நிலைய மின்மாற் றிகளில் நடுவிகள் மூலம் செல்லும். அவை தரைக்கு நேரடியாக ஒழுகாது தரை இணைப்பு முறையின் மூலம் நொதுமிகளில் பாயும். மற்றத் துணைமின் நிலையங்களில் உள்ள மின்மாற்றிகளின் நொதுமி களின் வழியாகச் செல்லும் இதே குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் பகுதி தரை இணைப்பு கம்பிகளில் பாயும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்ட பகுதியைத் தவிர விவாதிக்கப்பட்ட துணைமின் நிலையத்தின் தரை இணைப்பு முறைகள் மூலம் பாயும். தரை இணைப்பின் வடிவமைப்பு நோக்கங்களுக்காகத் தரை இணைப்பு முறையின் மூலம் நிலத்திற்குப் பாயும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் பகுதியே வடிவமைப்பு மின்னோட்டமாகும்.



படம். 10-2. துணைமின்நிலைய பகுதிக்கு அப்பால் காப்பீட்டுப் பழுதினல் ஏற்படும் மின்னோட்டம்

4. துணைமின் பகுதிக்கு வெளியே மின் பாதையில் குறுக்கிணைப்பு நிகழ்கிறது (படம் 10-2). இந்நிகழ்ச்சியில் முன்னர் குறிப்பிட்டது போலப் பாதையின் நீளம் முழுவதும் தரை இணைப்பு கம்பிகள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கின்றன என்றும் இரண்டு துணைமின் நிலையங்களிலும் மின்மாற்றியின் நொதுமிகள் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. என்றும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்தத் துணைமின் நிலையத்தில் அதன் தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பிற்காக மதிப்பிடப்படும் மின்னோட்டம் தரை இணைப்பு உபாயங்கள் மூலம் மின்மாற்றிகள் நொதுமிகள் வழியாக தரைக்குப் பாயும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் பகுதியே ஆகும். அதாவது இந்நிகழ்ச்சியில் தரை இணைப்புக் கம்பிகள் மூலம் அதே நொதுமிகள் மூலம் ஒழுகிச் செல்லும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டப் பகுதி கருதப்படவில்லை.

பழுதான இடத்தில் உருவாகும் ஒரு தறுவாய் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டம் முழுவதும் தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பிற்கான வடிவமைப்பு மின்னோட்டமாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுவது இல்லை. கணக்கீடுகள் தரை இணைப்பு உபாயத்தின் மூலம் தரையில் பாயும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் பகுதியின் அடிப்படையிலேயே செய்யப்பட வேண்டும்.

தற்பொழுது துணைமின்நிலையச் சாதனங்கள் உட்பட இணைப்புத் தொகுதிகள் மற்றும் அமைப்புக்களின் வடிவமைப்பும் மேலும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டங்களின் கணக்கீடுகளும் கணனிகளால் செய்யப்படுகின்றன. அவை மொத்தக் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டப் பகுதிகளை முழுமையாகப் பிரித்துப் பார்க்கவும் விரிவான கணக்கீடுகள் செய்யவும் உதவுகின்றன. ஆகவே தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பிற்காக ஆரம்ப விவரங்கள் உறுதியான முறையில் தெரிந்தெடுக்கப்பட வேண்டும். ஆனாலும் சில குறிப்பிட்ட பண்புகளை இங்கே கருத வேண்டும். வழக்கமாக ஒருதறுவாய் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டம், அமைப்பின் செயல் தடையையும் குறுக்கிணைப்பு இடத்தின் செயல் தடையையும் துணைமின் நிலையத்தின் செயல் தடையையும் கழித்து மதிப்பிடப்படுகின்றது. ஏனென்றால் இந்தத் தடைகள் எல்லாம் அமைப்பின் மாற்றுத் தடைகளோடு திசையுளி முறைப்படி கூட்டப்படுகின்றன. அவை மதிப்பைக் குறிப்பிட்ட விதத்தில் மாற்ற இயலாது. ஆனாலும் தரை இணைப்பு தடை உயர்வாக இருக்கும்பொழுது (துணைமின் நிலையம் குறைந்த கடத்தும் தன்மையுடைய பரப்பில் அமைந்திருக்கும்பொழுது மற்றும் அதன் குறிப்பிட்ட தரை இணைப்பு தடை 5 ஓம்களாக இருக்கும் பொழுது) அல்லது துணைமின் நிலையம் மின் ஆக்கப் பொறி நிலையத்திற்கு வெகு அருகில் அமைந்திருக்கும்பொழுது, இத்தகைய ஏற்பானது தரை இணைப்பு வடிவமைப்பில் தேவையற்ற மோசமான நிலைமைகளைக் கணக்கில் கொள்வது போல் ஆகும். இத்தகைய நிலைகளில் துணைமின் நிலையத் தரை இணைப்பின் மூலம் செல்லும்

குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டங்களை நிர்ணயிக்கும் பொழுது அந்தச் செயல் தடைகளையும் கணக்கில் எடுப்பது வழக்கில் உள்ளது. இதனால் வடிவமைப்பு மின்னோட்டம் குறைகிறது.

காப்பீடு செய்யப்பட்டுள்ள நொதுமி இணைப்புத் தொகுதிகளில் இயங்கும் துணைமின் நிலையங்களின் தரை இணைப்பு.

தரை இணைப்பு நொதுமி மற்றும் காப்பு நொதுமி இணைப்புத் தொகுதிகளில் பயன்படுத்தப்படும் தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பில் அடிப்படை வேறுபாடு ஒன்றும் இல்லை. ஒரே வேறுபாடு என்னவென்றால் இந்நிகழ்ச்சியில் தரையோடு கொண்ம மின்னோட்டமும் பயனீட்டில் உள்ள ஈடுசெய்யும் செயலும் வடிவமைப்பு மின்னோட்டத்திற்குக் கருதப்பட வேண்டும். மேலும் அடிப்படைக் குறிப்புக்கள் வேறுபடுகின்றன. காப்பீட்டின் நொதுமி அமைப்புக்களில் தரை இணைப்புத் தடை $R_{earth} = V/I_{design}$ இங்கு V = 250 வோல்ட்டு. இது 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களில் இயங்கும் அமைப்புக்களுக்குச் சரியானதாகும். அதே சமயத்தில் 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அழுத்தங்களின் அமைப்புகளில் இந்தத் தரை இணைப்பு முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டால் அழுத்தம் 125 வோல்ட்டு ஆக இருக்கும்.

10-4. தரை இணைப்பு வடிவமைப்பின் இன்றியமையாமைகள்

தரை இணைப்பு மின்வாய்களில் கணக்கீடு மற்றும் வடிவமைப்பின் அடிப்படை 30ம் ஆண்டுகளின் துவக்கத்தில் முதலில் ரூடான்பர்க் அவர்களாலும் பின்னர் ஆலன்டார்ப் அவர்களாலும் நிறுவப்பட்டன. இந்த வேலையானது ஒரே தன்மையுடைய மண்ணில் அமைக்கப்படும் தனியான தரைமின்வாய்களின் பல்வேறு உருவம், நீளம், ஆழம் இவை பற்றிய கணக்கீட்டு முறை பற்றியன ஆகும். இந்தக் கணக்கீடுகளுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட சூத்திரங்கள் குழாய்களையும் வேறுபட்ட அமைப்புக்களைக் கொண்ட சிறு குழாய்களையும் வைத்து அமைக்கப்பட்ட பல தரைமின்வாய்களின் தரை இணைப்புத் தடையை நிர்ணயிப்பதற்குப் பயன்பட்டன. பலவிதமான ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப்பட்டு முக்கிய விவரங்கள் வெளியிடப்பட்ட மின் நுட்பக் கழகத்தின் அனைத்து சங்கம் கொடுத்த விவரங்களும் திரை வடிவமைப்பிற்காக விரிவாகப் பயன்படுத்தப்பட்டன. அந்த விவரங்கள் சில காலங்களுக்கு அதைப் போன்ற எல்லாக் கணக்கீடுகளுக்கும் பயன்படுத்தப்பட்டன. அந்தக் காலத்தில் கூட ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் குறிப்பிட்ட அளவு மின்வாய்களே அமைக்க முடியும் எனும் உண்மைக்குக் கவனம் செலுத்தப்பட்டது. ஏனென்றால் ஒரு எல்லைக்கு மேல் மின்வாய்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரிப்பது ஒன்றுக்கொன்று மறைப்பதை வலுவாக்கிக் கடத்தும் திறன் அதிகரிப்பதைப் பாதிக்கும். இத்தகைய

தரை இணைப்பின் முறைகள், தாழ்வான செயல்பாட்டையே அளிக்கும். அந்தக் காலத்தில் மண்ணின் அமைப்பு ஒன்றாகவே இருக்கிறது என்ற ஏற்பையொட்டியே எல்லாக் கணக்கீடுகளும் செய்யப்பட்டன என்று நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

50ம் ஆண்டுகளில் சோவியத்து நாட்டிலும் வெளி நாடுகளிலும் தரை இணைப்புகள் அல்லது கம்பி வலை அமைப்பு என்று குறிப்பிடப்படும் சிக்கலான தரை இணைப்பு முறைகள் கணக்கீடுகளுக்கு மிகுந்த முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட்டது. இதன் பொருட்டுச் சிறந்த வேலை பீ. லாரண்ட் [ஃபிரான்ஸ் 125], டபிள்யூ கோச் [114] மற்றும் ஏ. ஒசுலோன் [சோவியத் நாடு 55] ஆகியோரால் செய்யப்பட்டது. ஏ. ஓசுலோன் சிக்கலான தரைமின்வாய்களின் கணக்கீடு முறையினைத் துவக்கி வைத்தார். தற்பொழுது அதனைத் திரும்பிப் பார்க்கும்பொழுது அந்த முறையை மிகச் சிறந்த ஒன்றாகக் கருதுவதற்கு எல்லாக் காரணங்களும் உண்டு. ஆனாலும் இந்த முறையும் ஒரே மண் அமைப்பு எனும் ஏற்பையொட்டியதே ஆகும். 50ம் ஆண்டுகளில் நடுவில் வீ. பர்க்ஸ்டார்ப் தரைமின்வாய்களை வடிவமைக்கும்பொழுது தரையைப் பாகுபடுத்த வேண்டியதின் அவசியத்தை வலியுறுத்தினார். பின்னர் ஏ. யாக்வோச் [85] சிக்கலான தரை மின்வாய்களை மண்ணின் பாகுபாட்டைக் கணக்கில் கொண்டு வடிவமைப்பதற்கான வழி முறைகளைக் கூறினார்.

வலை அமைப்பு. வெளியில் உள்ள எல்லா உலோகக் கம்பிகளும் சட்டங்களும் பரப்பிற்கு மேல் ஒன்றுக்கொன்று இணைக்கப்பட்டுத் துணைமின் நிலையப் பகுதிக்கு மேல் ஒரு திரையை அமைப்பதே வலை அமைப்பு ஆகும். இந்த வலை அமைப்பின் முக்கிய நோக்கம் துணைமின்நிலைய பகுதியிலும் அதற்கு அருகில் உள்ள பகுதியிலும் மின் அழுத்தச் சாய்வைத் தேவையான பாதுகாப்பை ஏற்படுத்தும் அளவிற்குப் பரப்புவதேயாகும். மின் அழுத்தச் சாய்வானது ஆரம்பத்தில் தனிப்பட்ட தரை மின்வாய்களில் நிகழ்வதுபோலப் படிப்படியாக நிகழ்வதில்லை. மின் அழுத்தச் சாய்வை ஒருமுகமாகச் செய்வது போல இது மாற்றப்படலாம். சில இடங்களில் மின் அழுத்தத்தினை வலை அமைப்பு ஊடகத்தின் மூலம் சமப்படுத்தக் கூடும். தரைமின்வாய்களின் வடிவத்தையும், அது இருக்கும் ஆழத்தையும் மாற்றுவதன் மூலமும் பல தரை மின்வாய் அமைப்புகளில் அவற்றைச் சரிவர அமைப்பது மூலமும் அழுத்தம் மாற்றப்பட முடியும். இந்த வாய்ப்புக்கள் எல்லாம் முன்னால் குறைத்து மதிப்பிடப்பட்டிருந்தன. இவை துணை மின்நிலையப் பகுதிக்குள் பாதுகாப்பை மேம்படுத்த உதவுகின்றன. முறிவுகள் நிகழும்பொழுது பாயும் அதிகக் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டங்களை, (அவை துணைமின் நிலையங்களின் தரைமின்வாய்கள் மூலம் பாயும்பொழுது அவற்றிற்கு இடையே சில கிலோவோல்ட்டு அழுத்தத்தை உருவாக்கும்) கருத்தில் கொண்டோமானால் அது மிகவும் தெளிவாகும். 110 கிலோவோல்ட்டிற்கு மேல் உள்ள

அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தும் இணைப்புத் தொகுதிகளில் நொதுமி தரை இணைப்பு முறையைப் பயன்படுத்தும்பொழுது இந்த மின்னோட்டங்கள் பல 1,000 ஆம்பியர்களை எட்டுகின்றன.

30ம் ஆண்டுகளிலேயே சோவியத் நாட்டு நிபுணர்கள் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்களை ஆய்ந்து கட்டுப்படுத்துவதை அவசியமாகக் கருதினார்கள் என்று வலியுறுத்த வேண்டும். இந்த அழுத்தங்களை மதிப்பிடுவது ஒரு முக்கியமான வழக்கம். பல நிகழ்ச்சிகளில் இது மிகவும் அறிவு பூர்வமானதாக நிரூபிக்கப்பட்டது. ஏ. வாய்னர் [45] வெளியிடப்பட்ட விவரங்களுக்குத் துணை செய்யத் தொடர்ச்சியான ஆராய்ச்சிகளை நடத்தினார். மேலும் தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பு மற்றும் அவைகளின் உற்பத்தியின் அனுபவத்தைப் பொதுவாக்கினார்.

எல்லாச் சாதனங்களையும் மற்றும் உலோக அமைப்புக்களையும் தரை இணைப்பு செய்யவேண்டும் என்ற தற்போதுள்ள தேவையின்படி முக்கியத் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட பாதைகளைத் தவிர அவற்றிற்கு அருகேயுள்ள பொருட்களும் தரை இணைப்பு செய்யப்பட வேண்டும். துணைமின்நிலையத்தின் தரை அமைப்பையொட்டி இருக்கும் முக்கிய தரை இணைப்புப் பாதைகளின் அமைப்பு சமப்படுத்தும் வலை அமைப்பை அடிப்படையாகக் கொண்டது. சாதாரண வடிவமைப்பு முறைகளின்படி சாதனங்கள் கீழ்க்காணும் வரிசையில் அமைக்கப்படுகின்றன : பாதை முறிப்பான்கள் திறப்பான்கள், பாதை எடுப்பான்களின் துண்டிப்பான்கள், மின்மாற்றி சட்டத்தின் துண்டிப்பான்கள், மின்மாற்றி திறப்பான்கள். 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அழுத்தங்களின் பக்கத்திலும் இதேபோன்ற ஏற்பாடே அநேகமாகச் செய்யப்படுகிறது. இந்தச் சாதனங்களின் நீளவாக்கில் இணையான குழாய்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. சாதனங்களுக்குத் தரை இணைப்பு செய்வதற்காகச் செல்லும் தரை இணைப்புக் கம்பிகள் இவற்றில் இணைக்கப்படுகின்றன. அதே சமயம் இந்தக் குழாய்கள் துணைமின் நிலைய பகுதியில் அழுத்தத்தைச் சமப்படுத்துவதற்கும் பயன்படுகின்றன. அழுத்தம் போதுமான அளவு சமப்படுத்தப்படவில்லை என்றால் கூடுதலான குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவ்வாறு செய்யும் பொழுது குழாய்களை அருகருகே அமைத்தால் தரை இணைப்புப் பண்புகள் பாதிக்கப்படும் என்பது கருதப்பட வேண்டியதில்லை. தரை இணைப்பு உபாயத்தின் மொத்த மின்னோட்டம் ஓடும் திறன் போதுமானதாக இல்லையென்றால் தேவையான திறன் வேறு வழிகளில் பெறப்பட வேண்டும். தரை இணைப்பு உபாயங்களின் வடிவமைப்பிற்கு இத்தகைய அணுகுமுறை மிகவும் அறிவு பூர்வமானது.

தரை இணைப்புக் குழாய்கள், சாதனம் மற்றும் சுவர்களுக்கு 0.8-1 மீட்டர் தூரத்திற்குள் அமைக்கப்படக்கூடாது. ஏனென்றால் ஒரு மனிதன் சாதனத்தை அதற்குப் பின் நின்று கொண்டு தொடக்கூடாது; முன்னால் நின்றுகொண்டுதான் தொடவேண்டும்.

தரை இணைப்பு வலை அமைப்பு தரையின் வெளிப்பரப்பிற்கு இயன்ற அளவு அருகில் இருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் சூழாய் தரை இணைப்பு தொடு அழுத்தங்கள் குறைவாக இருக்கும். குறைந்த படிமிதி அழுத்தங்களைப் பெறுவதற்காக வலை அமைப்பு புதைக் கப்படவேண்டும். ஆகவே முக்கியமாகத் தொடு அழுத்தங்களைக் கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் பாதுகாப்பு பெற வேண்டுமென்றால் வலை அமைப்பு வெளிப்பரப்புக்கு அருகில் இயன்ற அளவு அமைக் கப்படவேண்டும். துணைமின் நிலையப்பகுதி அதிக பரப்போடு இருப்பதால் வலை அமைப்பு புதைக்கப்படவேண்டும். எப்போதுமே கடைபிடிக்கப்படாவிட்டாலும் இதுவே சிறந்த பழக்கமாகும். பெருமளவு இடங்களில் வழக்கமான முறை எல்லாப் பகுதியிலும் வலை அமைப்பை 0.5-0.8 மீட்டர் ஆழத்தில் புதைப்பதே ஆகும்.

தரை இணைப்பு வலை அமைப்புகளின் தொடு அழுத்தங்களையும் அவற்றின் தரைத்தடைகளையும் கணக்கிடுவதை இப்பொழுது பார்ப் போம். தரை இணைப்புக் கம்பிகளின் அளவுகளுக்கும் அவற்றின் இடைவெளிகளுக்கும் ஆழத்திற்கும் கீழ்க்காணும் தோரயமான உறவுகள் பி. லாரண்ட் அவர்களால் சரியெனக் கொள்ளப்பட்டன.

$$\left.\begin{aligned} V_{step} &= 0.1 + 0.15\rho i; \\ V_{touch} &= 0.6 + 0.8\rho i; \\ V_{mesh} &= \rho i \end{aligned}\right\} \qquad (10\text{-}1)$$

மேற்காணும் சமன்பாடுகளில் V_{step} என்பது தரைமின்வாய்களால் அமைக்கப்பட்ட சதுரவலையின் மையபாகத்தோடு உள்ள அழுத்தத் தைக் குறிப்பிடுகிறது. (எப்பொழுதும் போல ஒரு மீட்டர் தூரப் பகுதியை அல்ல). V_{mesh} எனும் மதிப்பு அதிக அழுத்த வேறுபாட் டினால் பாதிக்கப்படும்படி ஒரு மனிதன் ஒரு மீட்டர் தூரத்தையும் தாண்டித் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட பகுதியைத் தொடக்கூடும் என்பதால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. மேற்கண்ட சமன்பாடுகளில் கீழ்க் காணும் பெயரீடுகள் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டன: V_{step} என்பது ஒரு மீட்டர் தூரத்திற்குள்ள மிதி அழுத்தம் ஆகும். V_{touch} என்பது வலை அமைப்பு கடத்திக்கு ஒரு மீட்டர் தூரத்திலுள்ள தொடு அழுத்தம் ஆகும். V_{mesh} என்பது வலை அமைப்பு கம்பிகளுக்கும் நிலத்தின் வெளிப்பரப்புக்கும் அந்த வலை அமைப்பின் மையத்தில் காணப்படும் அழுத்த வேறுபாடு ஆகும். P என்பது ஓம்மீட்டரில் மண்ணின் தடைத்திறன். i என்பது தரையில் புதைக்கப்பட்ட கடத்தியின் ஒரு அலகு நீளத்தில் பாயும் தரையில் கசியும் மின்னோட்டம் (ஆம்பியர் களில்) அடுத்த சமன்பாடு.

$$i = \frac{I_{sh\cdot c}}{L} \qquad (10\text{-}2)$$

இங்கு $I_{sh\text{-}c}$ என்பது வடிவமைப்பு குறுக்கிணைப்பின் மின்னோட்டமாகும்.

L என்பது செங்குத்தான தரை மின்வாய்களின் மொத்த நீளம் உள்ளிட்ட வலை அமைப்பை உருவாக்கும் கடத்திகளின் மொத்த நீளம் (மீட்டர்களில்).

பீ. லாரண்ட் அவர்கள் கொடுத்த சூத்திரங்கள் தோராயமானவையே. துல்லியமான முடிவுகளை அடைய வேண்டுமானால் கோச் அவர்களும் வேறு ஆசிரியர்களும் நிர்ணயித்த திருத்தக் காரணிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். அல்லது தரை இணைப்பு அமைப்பை மாதிரிப்படுத்த வேண்டும்.

V_{mesh}க்கான முதலாம் சமன்பாடு கீழ்க்காணுமாறு திருத்தி அமைக்கப்பட வேண்டும்.

$$V_{mesh} = k_i k_m \rho \frac{I_{sh\cdot c}}{L} \qquad (10\text{-}3)$$

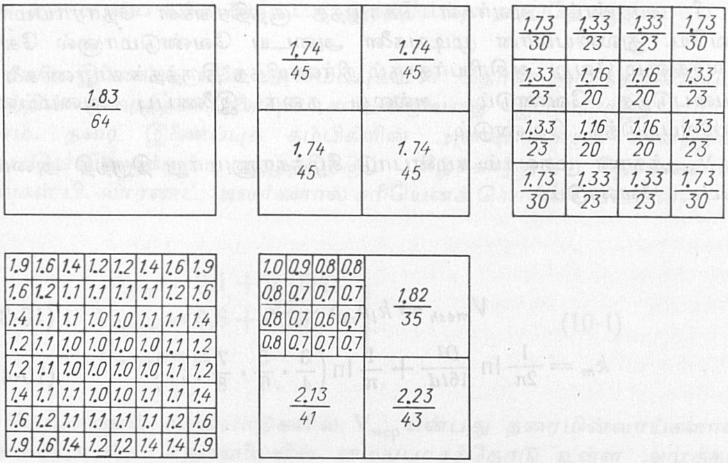
$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16td} + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{7}{8} \ldots \right) \qquad (10\text{-}4)$$

இங்கு k_i என்பது தரைக்கசிவு மின்னோட்டத்திற்கு வகை செய்யும் கெழு.

k_m என்பது வலை அமைப்பிலுள்ள நிலப்பாதைகளின் எண்ணிக்கை (n) மற்றும் தரைப்பாதையின் இடைவெளி (D), விட்டம் (d), தரைமின்வாய்களின் ஆழம் (t) இவற்றிற்கும் வகை செய்கிறது. வளைகோடுகளில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பெருக்கு எண்கள் முக்கிய வலை அமைப்பில் உள்ள இணையான கடத்திகளின் எண்ணிக்கையில் இரண்டைக் கழித்த எண் ஆகும். செயல்முறை கணக்கீட்டுகளுக்காக ρ எனும் மதிப்புக்கள் நிலத்தின் சராசரி தடைத்திறனை (ஓம் மீட்டரில்) கருதப்படுகின்றன.

கோச் என்பவருக்குக் கிடைத்த சோதனை விவரங்களைக் கொண்டும் மற்றும் லாரண்ட் [196] சுவாட்ச் [211] அவர்கள் கூறிய முறைகளை மேற்கொண்டும் k_m k_i கெழுக்களின் மொத்த மதிப்பு பெறப்பட்டது. இந்த மதிப்புக்கள் தரை இணைப்பின் வடிவமைப்பிற்கான அறிக்கைகளில் வெளியிடப்

பட்டுள்ளன. அந்த மதிப்புக்களை $PI_{sh\text{-}c}+L$ ஆல் பெருக்கினுல் வலை அமைப்பு அழுத்தத்தின், உண்மை மதிப்பினை வோல்ட்டுகளில் பெறலாம். பல்வேறு உருவங்களுக்கான வலை அமைப்புக்களின் k_m k_i மதிப்புக்கள் படம் 10-3ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.



படம். 10-3. நில வலை அமைப்பின் பல்வேறு வகைகள்
பின்னத்தின் மேல் எண் k_m k_1 குறியீடுகளின் பெருக்குத் தொகையாகும். கீழ் எண், வலை அமைப்பிற்குள்ளே தரையோடு உள்ள அழுத்தத்தைத் தரைமுனைக்கும் தரைக்கும் உள்ள மொத்த அழுத்தத்தின் சதவீதமாகக் குறிப்பிடப்பட்டது.

மதிப்பிடப்படும் எல்லா ஐந்து உருவங்களுக்கும் ஆன k_m k_i கெழுக்களின் உயர்ந்த பட்ச மதிப்பு அட்டவணை 10-1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. படம் 10-3ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் துணைமின் நிலையப் பகுதிக்குள் அழுத்தச் சாய்வினை மதிப்பிட்டு, வலை அமைப்பு உறுதிப்படுத்தப்பட வேண்டுமா எனத் தெரிவிப்பதால் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது.

அட்டவணை 10-1.

வடிவமைப்புக் கெழுக்களின் மதிப்புக்கள்

வலையமைப்பின் வகை	A	B	C	D	E	F
உயர்ந்தபட்ச மதிப்புக்கள்						
$k_m k_i$	1.83	1.74	1.73	1.90	2.23	2.23
k_m	1.83	1.50	1.18	0.86	1.50	1.50
k_i	1.00	1.16	1.47	2.21	1.49	1.49

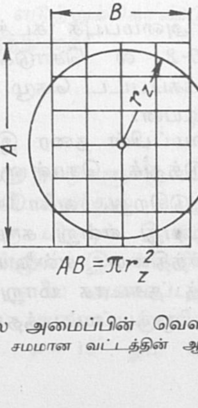
தொடு கெழு கீழ்க்காணுமாறு குறிப்பிடப்படலாம் *[196].*

$$\alpha_{touch} = \frac{k_m k_i \rho}{RL} \qquad (10\text{-}5)$$

பெயரீடுகளை மேலிருந்தும் k_mன் மதிப்பைச் சமன்பாடு *(10-4)*லிருந்தும் பெறலாம்.

சமீபகாலமாகப் பல ஆசிரியர்கள் [21, 25] வலை அமைப்புப் பகுதிக்குள் அழுத்தச் சாய்வுகளையொட்டி, வலையமைப்பை வடிவமைக்கும் முறைகள் பற்றிக் கூறும் பொழுது வலை அமைப்பின் மொத்தத் தரை இணைப்புத்தடையை நிர்ணயிப்பதற்கான வடிவமைப்பு வாய்ப்பாடுகளைக் கூறியுள்ளனர். ஆகவே பி. லாரண்ட் தரை அமைப்பு தரைத் தடையை நிர்ணயிக்கும் கீழ்க்காணும் வாய்பாட்டைக் குறிப்பிட்டார்.

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \qquad (10\text{-}6)$$



படம். 10-4. வலை அமைப்பின் வெளிப்பரப்பு மாதிரி.

r_z = சமமான வட்டத்தின் ஆரம்.

இங்கு r என்பது வலை அமைப்பின் S என்ற பரப்பளவைக் கொண்ட வட்டத்தின் ஆரம் (மீட்டர்களில்) (படம் 10-4); $r = \sqrt{s/\pi}$; L என்பது வலை அமைப்பில் உள்ள கடத்திகளின் மொத்த நீளம் (மீட்டரில்). e மண்ணின் தடைத்திறன் ஓம்-மீட்டரில்.

இரண்டாவது உறுப்பொன்று இங்கு சேர்க்கப்படுவதின் காரணம், வலை அமைப்பிற்கும் அதே பரப்புத் தகட்டிற்கும் உள்ள வேறு பாட்டிற்கு வகை செய்யவே. வலை அமைப்பு அடர்த்தியாக ஆக, அதன் தடைத் தகட்டின் தடையை நெருங்குகிறது. வலை அமைப்பின் ஆழம் (t) அதனது பக்க அளவைவிடக் குறைவாக இருக்கும்பொழுது அதாவது $t \ll r$ ஆக இருக்கும்பொழுது இந்த வாய்பாடு சரியாகிறது. வலை அமைப்பு சதுரம் மற்று செவ்வகப்பக்கங்களின் விகிதம் குறைவாக இருக்கும்பொழுது இது ஓரளவு நன்கு பயன்படுகின்றது. ஏ. ஓஸ்லோன் அவர்கள் கூறியபடி [89] பொதுவான வழியாக வலை அமைப்பின் தடையானது கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டால் பெறப் படும்.

$$R = \frac{k\rho}{\sqrt{S}} \qquad (10\text{-}7)$$

இங்கு k என்பது 0.5-0.7 வரை இருக்கும். கீழ் எல்லை அடர்த்தியான வலை அமைப்பிற்கும் மேல் எல்லை குறுக்கிணைப்புக்கள் இல்லாத அமைப்புக்களுக்கும் பொருந்தும். கோச் (10-7) தனது சமன்பாட்டில் $k = 0.55$ என்று எடுத்துக் கொண்டார். தூண்ட அழுத்த முறையைப் பயன்படுத்தி வலை அமைப்புக்களுக்கு மிகவும் துல்லிய முறைகளைக் காண ஓஸ்லான் முயன்றார். இந்த முறையைப் பயன்படுத்த வலை அமைப்புக்களின் தடைகளை இந்த வாய்பாட்டால் கணக்கிடலாம்.

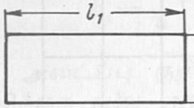
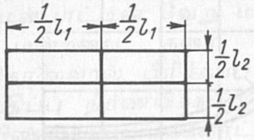
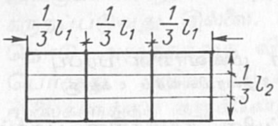
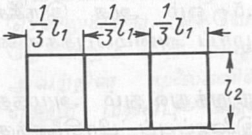
$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{L^2}{t d_w} + \ln\gamma\right) \qquad (10\text{-}8)$$

இங்கு d_w என்பது வலை அமைப்புக் கடத்தியின் விட்டமாகும். r என்பது அட்டவணை 10-2 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளுக்காகக் கொடுக்கப்பட்ட கெழு. மீதி பெயரீடுகள் மேல் குறிப்பிட்டனவற்றை ஒட்டியன.

படம் 10-5 வலை அமைப்பின் தரை இணைப்புத் தடை விகிதம் Rk வலை அமைப்பு எடுத்துக் கொள்ளும் பரப்பு Sல் வர்க்க மூலத்தின் பங்காகக் காட்டுகிறது. வளைகோடுகள் அந்த விகிதம், எதிர்விகித பொருத்தமுடையது என்று காட்டுகின்றன. ஏனென்றால் வலை அமைப்பின் அடர்த்தியை எல்லையில்லாமல் அதிகரிக்கும் பொழுது அது ஒரு திடத் தகடாக மாறுகிறது. வெளிப்பரப்பின் மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வட்டத்தகட்டிற்கு ஆலண்டார்ப் கொடுத்துள்ள சமன்பாடு.

அட்டவணை 10-2

ரன் மதிப்புக்கள்

	விகிதம்				
	1	1.5	2	3	4
	39.25	30.26	27.38	26.84	28.50
	3.67	3.41	3.31	3.29	3.35
	141.16	174.16	230.44	403.42	678.60
	4.95	5.16	5.44	6.00	6.52
	273.14	154.47	113.30	83.93	75.94
	5.62	5.04	4.73	4.43	4.33
	5166.8	7631.2	12088	29733	66840
	8.5	8.94	9.40	10.30	11.11

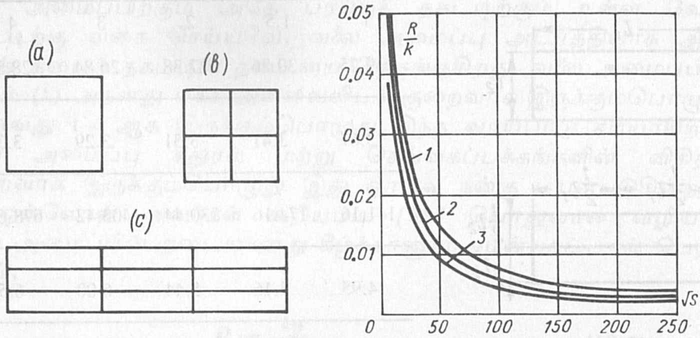
$R = \rho/4r$

$R = e/4r$ *(10-9)*

இங்கு $r = \sqrt{S/\pi}$ என்று எடுத்துக்கொண்டு இந்த மதிப்பினை Rக்கான சமன்பாட்டில் புகுத்தினல்

$$R = 0.443 \frac{\rho}{\sqrt{S}} \qquad (10\text{-}10)$$

சூத்திரம் (10-10) சதுரத் தகடுகளுக்கும் பொதுவான வழக்கின்படி t«என்று இருந்தால் பொருந்தும் ஆனல் சூத்திரம் 10-7 வடிவமைப்பு பழக்கத்திற்கு மிகவும் பொருத்தமானது. ஏனென்றல் $\sqrt{S} = \rho$ அல்லது $l = \rho$ என்னும் இடங்களில் தரைத்தடை 0.5 ஓம் ஆக இருப்பதற்குச் சதுர வலை அமைப்புக்களில் அது உதவுகிறது. இந்த மதிப்புக்களை வலை அமைப்புக்களின் மூலம் அனுகூலமான நிலைகளில் பெறக் கூடும். $\rho = 10^2$ ஓம் மீட்டர் என்னும் சராசரி



படம். 10-5. தரைத்தடையை ஒட்டி தரை மின்வாயின் பரப்பு
1-தரைமின்வாய் a க்காக; 2-தரைமின்வாய் b க்காக; 3-தரைமின்வாய் c க்காக;

தடைத்திறனைப் பெறுவதற்கு வலை அமைப்பின் சதுரத்தின் பக்கம் 100 மீட்டர் ஆக இருந்து நிலத்தடை 0.5 ஓம் ஆக இருக்க வேண்டும். இந்நிகழ்ச்சியில் நில இணைப்புக் குழாய் அமைப்புக்களின் கூடுதலான பயன் தேவையற்றது.

தேவைப்பட்ட கடத்தும் திறனை நிலை நிறுத்துவதும் அழுத்த சாய்வின் போதுமான அனுசரிப்பும் தரை இணைப்புப் பிரசினைக்கு அனுகூலமான தீர்வைக் காண உதவும்.

தொடு அழுத்தங்களில் கணக்கீடு. ஒரு குறிப்பிட்ட பாதையில் தொடு மற்றும் மிதி அழுத்தங்கள் பல்வேறு அடர்த்தியுள்ள தரை அமைப்புக்களைத் துணை மின் நிலையப் பகுதியில் பயன்படுத்தி அழுத்தங்களைச் சமப்படுத்துவதன் மூலம் குறைக்க இயலும். ஆனால் அப்பகுதிக்கு அருகில் வலை அமைப்பினால் பாதுகாக்கப்படும் நிலத்தில் உள்ள நிலைமைகள் வேறானவை. அங்குள்ள பாதுகாப்பு காரணிகள் அவ்வளவு எளிதாகச் செயல்படுத்த முடியாது. தரை மின்வாயின் ஆழத்தினால் மிதி அழுத்தம் மிகவும் பாதிக்கப்படுகிறது. ஆகவே மிதி அழுத்த மதிப்பைச் சரியாக நிர்ணயிப்பதற்குக் கீழ்க் காணும் சமன்பாடு பொருந்தும்.

$$V_{step} = k_s k_i \rho \frac{I_{sh\text{-}c}}{L} \qquad (10\text{-}11)$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் k_s என்பது வலை அமைப்பின் கடத்திகளின் எண்ணிக்கைக்கும் அவற்றின் இடைவெளிக்கும் (A) மற்றும் கடத்திகள் வைக்கப்படும் ஆழத்திற்கும் (t) ஆன கெழு இந்தக் கெழு கீழ்க் காணுமாறு பெறப்படும்:

$$k_s = \frac{1}{\pi}\left(\frac{1}{2t} + \frac{1}{a+t} + \frac{2}{d} + \frac{1}{3d} \ldots\right) \qquad (10\text{-}12)$$

அடைப்பு குறிக்குள் கொடுக்கப்பட்டுள்ள உறுப்புக்களின் எண்ணிக்கை வலை அமைப்பில் உள்ள இணையான தரைமின்வாய்களில் குறுக்கிணைப்புக்களைக் கழித்தபின் வரும் எண் ஆகும். மேற்படி சமன்பாட்டின் வேறு மதிப்புக்கள் 10-4ல் கொடுக்கப்பட்டவையைப் போன்றவை. தரை வலை அமைப்பின் கடத்திகள் a எனும் தொலைவால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன எனும் ஏற்பையொட்டி k_sன் மதிப்பு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. இந்த ஏற்பில் இருந்து நேரக்கூடிய விலகல்களும் பக்கவாட்டுக் கடத்திகளின் விளைவுகளும் மிதி அழுத்த அலகுகளில் குறிப்பிடத்தக்கப் பாதிப்பை ஏற்படுத்தாத காரணத்தால் கருதப்படுவது இல்லை. பல காரணங்களினால் மிதி அழுத்த மதிப்பு தொடு அழுத்தத்தை விடப் பாதுகாப்பானது. பொதுவாகக் கூறும் பொழுது அதிக பட்ச மிதி அழுத்தங்கள் வலை அமைப்பின் மூலைகளுக்குக் குறுக்கேயும் அருகேயும் தோன்றக் கூடும். ஏனென்றால் இவ்விடங்களின் மூலம்தான் தரைக்கு அதிகப்படியான மின்னோட்டம் செல்லுகிறது. ஆகவே பி. லாரண்ட் வலை அமைப்பின் நடுப்பகுதியில் தோன்றும் மிதி அழுத்தத்தைவிட 1.5-2 மடங்குகள் மிதி அழுத்தம் அவற்றின் மூலைகளில் தோன்றுவதாகக் கருதுகிறார். இங்கு 1.5 எனும் மதிப்பு நெருங்கிய வலை அமைப்புக்களுக்கும் 2 எனும் மதிப்பு சற்று அகலமான வலை அமைப்புக்களுக்கும் பொருந்தும். மிதி அழுத்தத்தைக் கணக்கிட $k_s\, k_i = 0.1\text{-}0.2$ என்று எடுத்துக்கொள்ளலாம் என்று பி. லாரண்ட் கூறுகிறார். வால்கோவின்ஸ்கீ [142] யானேவ்ன்ஸ்கீ மற்றும் பியாசக் அவர்கள் கூற்றின் படி இந்த மதிப்பு 0.19-0.34 ஆகும். இங்கு மேற்காணும் மதிப்புக்கள் பல வழிகளில் நிர்ணயிக்கக்கூடிய மிதி அழுத்தங்கள் எவ்வாறு செயல் முறையில் காணப்படுகின்றன என்று காட்டுவதற்காகவே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மிதி அழுத்தக் காரணியானது கீழ்க்காணுமாறு கொடுக்கப்படலாம்.

$$a_{step} = \frac{k_s k_i \rho}{RL} \qquad (10.13)$$

இங்கு ஆரம்பப் பெயரீடுகளே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. k_sன் மதிப்பு சமன்பாடு (10-12)ன் மூலம் பெறப்படும்.

இணைப்புத் தொகுதிக்கு வெளியே மிதி அழுத்தம் குறைதல். அருகில் உள்ள பகுதியில் மிதி அழுத்தங்கள் அதிகமாக இல்லாத பொழுது இணைப்புத் தொகுதிக்குள் அழுத்தங்களைச் சமப்படுத்துவதற்குக் கூடுதலான தரை இணைப்பு தேவைப்படுகிறது. மனித நடமாட்டம் அதிகமாக இருக்கும் துணைமின் நிலையமுகப்புக்களிலும் இணைப்பு தொகுதியின் மூலைகளிலும் இந்த நடவடிக்கைகள் முதலாவதாக மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும். ஒவ்வொரு சமயம் அப்பகுதிக்கு வெளியே துணைமின்நிலைய சுற்றுவாக்கில் அழுத்தத்தைக் கூடுதலாகச் சமப்படுத்த வேண்டியிருக்கும். இந்த இறுதி நடவடிக்கை துணைமின் நிலைய வேலியின் பொருளையும் தரை வலை அமைப்பிற்கும் வேலிக்கும் இடையேயுள்ள இடைவெளியைப் பொருத்தும் எடுக்கப்பட வேண்டும்.

'வேறு நிலைமைகள் மாருமல் இருக்கும்பொழுது மிதி அழுத்தத்தைக் குறைக்கும் அடிப்படை முறை பல்வேறு ஆரங்களில் அருகருகே சில மின்வாய்களை ஆழமாகவும் இணையாகவும் அமைப்பதை உள்ளடக்கியது. முக்கியத் தரை இணைப்புத் தொகுதிக்கு அப்பால் தரைத்திரைகளை அமைப்பது தேவைப்படும் இடங்களில் அழுத்தங்களைச் சமப்படுத்த மிகவும் உதவுகிறது'.

தரை வலை அமைப்பை முட்டை வடிவத்தில் அமைப்பதன் மூலமும் மூலைகளில் குழாய்களைப் பயன்படுத்தி மின்சாரம் செல்லும் திறனை அதிகரிப்பதன் 'மூலமும் வலை அமைப்பின் மூலைகளில் தோன்றும் அழுத்தச் சாய்வு மேம்படுத்தப்படக்கூடும்.

தற்செயலான அழுத்தங்கள். தண்ணீர்க் குழாய்கள், உள்ளே ஓடும் தண்ணீர் தண்டவாளங்கள், வடங்களின் உறைகள் மற்றும் மோசமான நிலைமைகளில் செய்தியனுப்பும் கம்பிகள் இவற்றின் மூலம் தற்செயலான அழுத்தம் தோன்றக்கூடும். மேற்கூறும் காரணிகளுக்கான வழிவகைகள் தரை இணைப்பு முறைகளின் வடிவமைப்பில் செய்யப்பட வேண்டும். சில நிகழ்ச்சிகளில் இது ஏற்கெனவே ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது. மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமானத்திற்கான விதிமுறைகள் தண்டவாளங்களைத் தரை இணைப்பு செய்வதை ஒப்புக்கொள்ளவில்லை. ஆனல் இத்தகைய குறிப்புக்கள் மறுக்கக்கூடியன. தண்ணீர்க் குழாய் மூலமாகத் தோன்றும் தற்செயல் அழுத்தங்கள் தரை இணைப்பு வடிவமைப்பில் செய்யும் அளவீடுகள் மூலமும் மாதிரி யுக்தியை மேற்கொள்ளப்படுவதன் மூலமும் மதிப்பிட முடியும்.

10-5 சாதாரண மற்றும் சிக்கலான தரை மின் வாய்களின் வடிவமைப்பில் பலதரப்பட்ட மண்ணின் விளைவு

1954ல் வீ. பர்ஸ்டாப் [13] ஒரே சீரற்ற மண் அமைப்புக்களின் தரை இணைப்பைக் கணக்கிடுவதற்கான முறையை வெளியிட்டார். தற்பொழுது உலகம் முழுவதும் ஒப்புக்கொண்ட பலதரப்பட்ட

அட்டவணைகள் வரைபடங்களைக் கொண்டது இது. இந்த முறை இரண்டு அடுக்கு மண் அமைப்புக்களுக்காக ஏற்படுத்தப்பட்டது. அதனால் நிகழும் தொடர் நிகழ்ச்சிகளைச் சரியாக வருணிக்கக் கூடியது. இந்த முறை செயல்படும் ம்ண்ணின் சமமான தடைத்திறன் (ρ_{rms}) மற்றும் சீர் இன்மைக் காரணி $k = (\rho_2 - \rho_1) = (\rho_1 + \rho_2)$ என்பனவற்றின் கோட்பாட்டை அறிமுகப்படுத்தியது. இங்கு கருதப் படும் தடைத்திறனனது இந்த மண்ணில் புதைக்கப்பட்ட குறிப்பிட்ட அலகுகளைக் கொண்ட தரைமின்வாயின் தடைத்திறன். அதே தரை மின்வாய் சீரற்ற மண்ணில் கொடுக்கும் தடைத்திறனுக்குச் சமமாக இருக்கும் சீரான மண்ணைக் குறிப்பிடுகிறது. இந்த முறை தேவையான அளவிற்குத் துல்லியமாகவும் சுருக்கமாகவும் இருக்கும் பொழுது செயல்முறை சாத்தியமாகவும் இருப்பதாக நம்பப்படுகிறது. ஏனென்றால் தனிப்பட்ட தரைமின்வாய்களின் தரைத்தடையை நிர் ணயிப்பதிற்கு சூத்திரங்களை பயன்படுத்துவதை அனுமதிக்கிறது. இந்தச் சூத்திரங்கள் சீரான மண் நிலைகளுக்குச் சரியானவை. மேலும் மண்ணின் சமத்தடைத்திறனுக்கு வழி செய்கின்றன. உண்மையில் இரண்டு தரைமின்வாய்களே செயல்முறையில் ஆர்வமூட்டுபவை. இவை செங்குத்தான மின்வாயும் குழாய் தரை அமைப்புமாகும்.

தரைத் தடையின் சரியான நிர்ணயித்தலுக்கு மண்ணின் சீரற்றத் தன்மையை எண்ணளவில் மதிப்பிடுதல் அவ்வளவு முக்கியமல்ல. ஆனால் அழுத்தச் சாய்வின் மாறுதலில் அதனுடைய விளைவு தீவிர மாகக் கருதப்பட வேண்டிய காரணியாகும். ஒரு உதாரணத்தின் மூலம் தடைத்திறன் ρ_1 உள்ள அடுக்கினைக் கொண்ட மேல் பரப்பாலான, மற்றும் ஆழம் h கொண்ட சீரான கீழ் அடுக்கு மிகுந்த ஆழம் உடையவும் தடைத்திறன் ρ_2 உடையதும் இவை இரண்டும் சேர்ந்த ஒரு மண்ணைப் பற்றி பார்ப்போம். இந்நிகழ்ச்சியில் வெளிப்புற மண் அடுக்கின் தடிமன் hக்குச் சிறிதான r எனும் ஆரமுடைய அரைக்கோள வடிவம் உடைய சிறிய தரைமின்வாயைக் கருதினால் போதும். இத்தகைய தரைமின்வாயின் தரைத்தடை கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டினால் விளக்கப்படும்.

$$R = \frac{1}{2\pi r} + 0.366\,\frac{\rho_1}{h}\log\frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1} \qquad (10\text{-}14)$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் முதலாவது உறுப்பு தடைத்திறன் ρ_1 உள்ள சீரான மண்ணில் உள்ள அரைக்கோள தரைமின்வாயின் தரைத்தடையைக் கொடுக்கிறது. இதன் ஆரம் மிகக் குறைவானது என்று எடுத்துக்கொண்டால் ஆரம் rயைப் பொருத்து அமையாத இரண்டாவது உறுப்பு ρ_2 ஆனது ρ_1 யைவிடப் பெரியதா அல்லது சிறியதா என்பதைப் பொருத்து முதல் உறுப்போடு கூட்டப்படவோ கழிக்கப்படவோ வேண்டும். கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணை

ρ_1 மற்றும் ρ_2 வின் பல்வேறு விகிதங்கள் R ன் மதிப்பில் ஏற்படுத்தும் விளைவினை காட்டுகின்றது.

ρ_2/ρ_1	0	0.1	1.0	10	100	1000
R	0.65	0.7	1.1	1.85	3.1	4.1

படம் 10-6ல் பல்வேறு S_1 மற்றும் ρ_2 விகிதங்களுக்கான ஒரு தரை மின்வாயில் மின்னோட்டங்களின் பரவல் தன்மை காட்டப் பட்டுள்ளது. வெளிப்பரப்பின் மிக அருகில் அழுத்தச் சாய்வு தடைத் திறன் ρ_1 உள்ள சீரான மண்ணைப் பொறுத்தே. கீழ் அடுக்கின் கடத்தும் திறனின் விளைவு தரைமின்வாய்க்கான தூரத்தையொட்டி அதிகரிக்கும். கீழ் அடுக்கானது மேல் அடுக்கைவிட அதிகக் கடத்தும் திறனைக் கொண்டிருந்தால் அது அழுத்தச் சாய்வுகளைக் குறைக்கிறது. இதன் மறுதலையும் உண்மையானது.

விவாதத்தில் உள்ள இரண்டு நிகழ்ச்சிகளிலும் இந்த விளைவின் பயனுகச் சாய்வுகளின் மதிப்புக்கள் ρ_2 தடைத்திறன் கொண்ட சீரான மண்ணின் பண்புகளைத் தோராயமாகக் கொண்டிருக்கும். ஒரே வேறுபாடு முதலாம் கட்டத்தில் தொடர் நிகழ்ச்சி வேகமாக இருக்கும்.

தடைத்திறன் ρ_1 கொண்ட மண்ணில் புதைக்கப்பட்டிருக்கும் செங்குத்தான தடியின் நீளம் h ஆகவும் தடைத்திறன் ρ_2 கொண்ட மண்ணில் புதைக்கப்பட்ட மீதி நீளம் l– h ஆகவும் இருந்தால் (இங்கு l என்பது தடியின் நீளமாகும்) அந்த மண், தடைத்திறன் P_2 கொண்ட சீரான அமைப்பு என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம். இந்நிகழ்ச்சியில் h எனும் மின்சாரம் பாயும் அடுக்கில் உள்ள நீளம், ρ_1, ρ_2 விகிதத்தில் குறைக்கப்பட வேண்டும்.

தகட்டு மின்வாய்களைப் பொருத்த அளவில் hஎனும் நீளத்தோடு ஒப்பிடும் பொழுது அது அதிக அளவுள்ள வெளிப்புறத் தகடாக மற்றும் அது தடைத்திறன் p_2 கொண்ட கீழ் மண் அடுக்கில் நேரடியாக வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கருதப்பட வேண்டும். இந் நிகழ்ச்சியில் இவ்வாறு காணப்பட்ட மின்வாய் தரைத் தடையோடு, h நீளமும் ρ_1 தடைத்திறன் கொண்ட தகட்டின் மேற்பரப்பிற்குச் சமமான குறுக்களவுமுள்ள ஒரு உருளையின் தடையைச் சேர்க்க வேண்டும்.

வெளிப்பரப்பு அடுக்கைவிட அதிகத் தடைத்திறன் கொண்ட கீழ் அடுக்கு இருந்தால் அதாவது $\rho_2 > \rho_1$ என்று இருந்தால் தரைக்கு அடர்த்தி கோடுகள் ஊடுருவுவது கடினமாக இருக்கும். மேல்பரப்பை யொட்டி மின் தொடர்புகள் பரவுவது ρ_1 யையொட்டி அதிகரிக்கும். இந்நிகழ்ச்சியை ρ_1 தடைத்திறன் கொண்ட சீரான மண்ணோடு

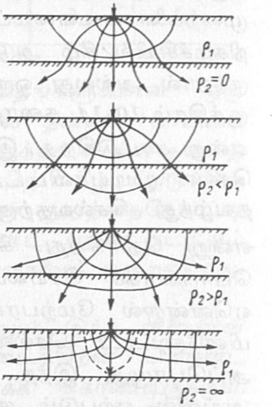
ஒப்பிட்டால் தரையின் தடை அதிகமாக இருக்கும். தரைமின்வாய்களைச் சுற்றி அழுத்தத்தின் சாய்வு ஓரளவு குறைவாக இருக்கும் என்பது தெளிவாகும். ஆகவே கீழ் அடுக்கின் கடத்தும் திறன் குறைவாக இருந்தால் மேல் அடுக்கின் விளைவு அதிகமாக இருக்கும் எனும் முடிவு செய்யலாம். இந்தக் காரணி தரை இணைப்பு, முறைகளை வடிவமைப்பதற்குப் பயன்படுகிறது. நம்பமுடியாத ஒரு நிகழ்ச்சியில் கீழ் அடுக்கானது குறைந்த கடத்தும் திறன் கொண்டிருந்தால் அல்லது ஒரு காப்புப் பொருள் போலச் செயல்படுமானால் சூத்திரம் 10-14 தரைத் தடையானது மிகவும் அதிகமாக இருக்கும் என்று காட்டுகிறது. இதிலிருந்து தரைக்குள் மின்னோட்டம் ஆழமாகச் செல்ல முடியாவிட்டால் மிக அதிக தொலைவினில் மின்னோட்டம் தவழ்ந்து செல்வதற்கு மிக அதிகமான அழுத்தம் தேவைப்படும் என்று தெரிகிறது. கீழ் மண்ணுவது ஒரு முழுமையான காப்புப் பொருளாகச் செயல்படும் நிகழ்ச்சியை நாம் ஒதுக்கி விடலாம். ஏனென்றால் மேற்பரப்பின் வழியாக அதிக தொலைவுகள் வரை மின்னோட்டம் செல்லக்கூடும் என்று நாம் எடுத்துக்கொள்ளலாம். அப்பொழுது இந்த அடுக்கின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டத்தின் ஆய்வில் ஏற்படும் குறையை நாம் கருத வேண்டும். ஏனென்றால் இத்தொலைவு அதிகரிக்க நிலத்தின் மூலம் மிக ஆழமான மின்னோட்டம் ஒழுக்கக்கூடும்.

ஒரு சிறிய தரைமின்வாயைப் பொறுத்தவரையில் வெளிப்புற அடுக்கின் மூலம் பாயும் சராசரி மின்னோட்டப்பாதையை நாம் தோராயமாகக் காணலாம். வெளிப்புற அடுக்கில் முழு மின்னோட்ட அலகில் பாதியே பயன்படக்கூடிய அளவிற்கு மின்வாயிலிலிருந்து உள்ள தூரத்தை இது குறிக்கும். இந்தச் சராசரி மின்னோட்டப்பாதை கீழ்க்காணுமாறு நிர்ணயிக்கப்படும்.

$$x = \frac{\rho_2}{\rho_1} h$$

உதாரணமாக ρ_2 ஆனது ρ_1 போன்று பத்து மடங்குகள் இருந்தால் கடத்துகின்ற வெளிப்புற அடுக்கில் சராசரி மின்னோட்ட பாதை தோராயமாக இந்த அடுக்கின் பத்து பங்கு தடிமனுக்குச் சமமாக இருக்கும். இந்தத் தூரத்தில் அழுத்தச் சாய்வு பாதி மதிப்பை அடைகிறது. மண்ணின் கீழ் அடுக்கு முழுவதும் கடத்தாதது என்று கொண்டோ அல்லது பாதி மதிப்பை அடையும் அதாவது கீழ் அடுக்கை போல ρ_2 தடைத்திறன் கொண்ட சீரான மண்ணுக என்று எடுத்துக்கொண்டால் இதனை அடையலாம். படம் 10-7ல் கொடுக்

கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் இதை நன்கு விளக்கும். தரைக்கு ஒழுகும் மின்னேட்டத்தின் மொத்தப் பாதையில் மேல் அடுக்கின் விளைவு மின்னேட்டம் பாயும் தூரத்தின் அதிகரிப்பையொட்டிக் குறையக் கூடும். ஆகையால் அழுத்தங்களின் மதிப்புக்களையும் சாய்வுகளின் மதிப்புக்களையும் நிர்ணயிக்கும்பொழுது மண்ணுனது P_2 தடைத்திறனைக் கொண்ட சீரான அமைப்பு உள்ளதாக நாம் கொள்ளலாம்.



படம். 10-6. சீரற்ற மண்ணில் கீழ்மட்ட மண்ணின் பல் வேறு தடைத்திறன்களில் புள்ளி தரைமின்வாயைச் சுற்றி மின்கலம்

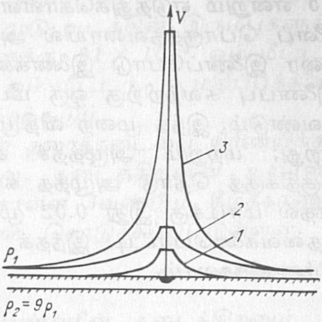
தரை இணைப்பு உபாயம் பெரியதாக இருக்கும்பொழுது கடத்தும் அடுக்கில் தடிமனேடு முரண்படுகிற வகையில் இந்த அடுக்கு தரைத்தடையைப் பாதிக்காது. ஆனல் அப்பகுதி அழுத்தச் சாய்வுகளை தரை மின்வாய்களுக்கு அருகில் குறையும்படிப் பாதிக்கும்.

மேல் அடுக்கைவிடக் கீழ்அடுக்கு அதிகக் கடத்தும் திறன் கொண்டிருந்தால் சீரற்ற மண்ணின் மூலமும் வெளிப்புற அடுக்கின் மூலமும் செல்லும் தரைமின்வாய்களின் ஒன்றுடன் ஒன்றுன செயல்பாடு இதற்கு எதிர்மாருன நிகழ்ச்சியில் (மேல் அடுக்கு அதிக கடத்தும் திறன் கொண்டிருந்தால்) இருப்பதை விடக் குறைவாகவே இருக்கும்.

ஏ. யாக்கோப்ஸ் [133] சீரற்ற மண்ணில் சிக்கலான தரை மின்வாய்களின் கணக்கீட்டிற்கான புள்ளி விவர முறையினை வகுத்தார். இம்முறை தூண்டல் அழுத்தத்தின் சரியான கணக்கீட்டோடு ஒப்பிடப்பட்டால் தெரிந்த அளவு தவறுகளைக் காட்டியது. இந்த முறையின் மூலம் கணனிகளைப் பயன்படுத்திச் சிக்கலான தரை இணைப்பு உபாயங்களை வடிவமைக்கலாம். மேற்கூறிய புள்ளி விவர முறையானது ஒரே வடிவுள்ள சிக்கலான தரைமின்வாய்களில் மின்சார மற்றும் பொதுவான வடிவமைப்பு அலகுகளின் நெருங்கிய ஒப்பிடுதலையும் மேலும் பயன்படுத்தலையும் நிர்ணயிப்பதைப் பற்றியதாகும். ஏ. யாக்கோப்ஸ் அவர்களால் மாதிரி உபாயங்கள் என்று அழைக்

கப்பட்ட பல தரை இணைப்பு உபாயங்கள் விதிமுறைகளில் உள்ள முறைகளையொட்டி வடிவமைப்பு செய்யப்பட்டன. கணக்கீடுகள் துல்லியமான அளவீட்டு முறையை மேற்கொண்டும் மற்றும் ஒப்பீடு செய்வதற்காகக் கணனிகளைக் கொண்டும் செய்யப்பட்டன.

தூண்டல் அழுத்தம் முறையின் மூலம் கிடைத்த முடிவுகளையும் புள்ளி விவர முறையின் மூலம் கிடைத்தவற்றையும் ஒப்பிட்டால் இதன் தவறுகள் 10-15 சதவிகிதமே இருந்தன. அதிக பட்சம் அவை 30 சதவிகிதத்தைத் தாண்டவில்லை.



படம். 10-7

தரைமின்வாயைச் சுற்றி அழுத்தச் சாய்வு

1- தடைத்திறன் ρ_1 கொண்ட சீரான அடுக்கு; 2- $\rho_2 = 9\rho_1$; 3- வெளிப்புற அடுக்கு ρ_1 தடைத் திறனும் கீழ் அடுக்கு தடைத் திறன் $\rho = 9\rho_1$ கொண்டதும்

சீரற்ற மண்ணில் பயன்படுத்தப் படும் சிக்கலான தரை இணைப்பு முறைகளை வடிவமைப்பது கடினம். ஆனாலும் [15,45,50] போன்றவற்றில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்களில் இருந்து இந்தத் தரை இணைப்பு சரியாகக் கணக்கிடப்பட்டு வடிவமைக்கப்படலாம்.

10-6. கட்டடங்களுக்குள்ள மின் பகிர்வுச் சாதனங்களுக்குத் தரை இணைப்பு வடிவமைப்பு

உட்புற வழங்கு முறைகளுக்குத் தேவையான தரை இணைப்பு, தரையின் மின் கடத்தும் தன்மைக்கு அப்பகுதியின் எல்லைக்குட்பட்ட இடங்களையும் கணக்கில் கொண்டே வடிவமைத்துச் செயல்படுத்த வேண்டும். உயர்ந்த தடைத்திறன் கொண்ட தடைகள் அழுத்தச் சாய்வைத் தற்செயலாகப் பாதிக்கின்றன. முதலாம் மற்றும் பிற காரணிகளின் விளைவு வெகுவாக மாறுபடுகிறது. தரைப்பொருளின் தடைத்திறனையொட்டியும் தரைகளின் ஈரத்தன்மை மற்றும் சுத்தத்தையொட்டியும் இவை மாறுபடுகின்றன. தரைகள் உயர்ந்த தடைத்திறன் கொண்டிருப்பதால் இந்தத் தடை மனிதனின் கால்களோடு தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதப்பட்டுக் கணக்கீடுகளில் சேர்க்கப்பட வேண்டும்.

பல்வேறு பொருள்களால் செய்யப்பட்டுள்ள தரைகளின் மின் இயற்பியல் பண்புகள் முன்னரே விவாதிக்கப்பட்டுள்ளன. இங்கு தரைகளில் காப்புப் பண்புகளுக்கு வகைசெய்யும் காரணிகளை மட்டும் குறிப்பிடுவோம்.

அழுத்தங்களைச் சமப்படுத்துவதற்குச் சிறப்பான உபாயங்கள் இல்லாவிட்டால் எஃகு கற்காரையால் எழுப்பப்பட்டுள்ள கட்டிடங்களுக்குத் தொடு அழுத்தக் காரணி 0.25 என்றும் செங்கல் கட்டிடத்திற்கு 0.5 என்றும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். எஃகு கற்காரை கட்டடங்களைப் பொருத்தவரையில் அதனது எஃகுப் பகுதி துணைமின்நிலைய தரை இணைப்போடு இணைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். குழாய் தரை இணைப்பு சுவற்றிற்கு ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் வைக்கப்பட்டு இருக்க வேண்டும். இந்த முறை விதிமுறைகளின் தேவைகளைத் திருப்திபடுத்துகிறது; மற்றும் அழுத்தச் சாய்வினை மேம்படுத்துகிறது. தரைப் பகுதிக்குத் தொடு அழுத்த காரணி 0.35 முதல் 0.45 வரை ஆகும். முதல் மாடிக்கு இது 0.02 முதல் 0.06 வரை ஆகும். போதுமான தேவைகளையொட்டி இந்தக் காரணியை 0.06லிருந்து 0.08 வரை நிர்ணயிக்கலாம்.

10-7. இயற்கையான தரை மின்வாயின் கடத்தும் திறனைக் கணக்கிடுதல்

வடங்கள். எஃகு அமைப்புக்களும் ஈய உறையும் கொண்ட வடங்கள் தரை மின்வாய்களின் விரிவமைப்புக்களாகக் கருதப் படலாம். மின் வழங்கு இடத்திலிருந்து ஒரே திக்கில் அவை செல்வதாக எடுத்துக்கொண்டால் லெனின்கிராடு மின் அமைப்பில் பி. இஸ்பார் கண்ட முறையைப் பயன்படுத்தி அதன் தரைத்தடையை நிர்ணயிக்கலாம். இவ்வாசிரியர் கூறியுள்ளபடி அந்த சூத்திரங்களில் தேவையான திருத்தங்களை மேற்கொள்ள வேண்டும் என்பது குறிப்பிடத் தக்கது :

$$R = k\sqrt{\rho_0 r}\,\mathrm{cth}\,\frac{1}{k}\left(\frac{1}{t}\sqrt{\frac{r}{\rho}}\,L\right) \qquad (10\text{-}15)$$

இங்கு L என்பது மூடு வடத்தின் நீளம் (சென்டிமீட்டரில்)

t என்பது வடத்தின் புதை ஆழம் சென்டிமீட்டரில் (வடத்தின் அச்சிற்கும் தரையின் மேற்பகுதிக்கும் உள்ள தூரம்)

r வடத்தின் உறையின் 1 சென்டிமீட்டர் நீளத்தின் சராசரி மின் தடை

ρ_0 மண்ணின் தடைத்திறன் ஓம்-மீட்டர்

$$k = \sqrt{\frac{\log(4.66 r_0/p^2 t)}{\log(4.15/p)}}$$

இங்கு $P = 2r_0\sqrt{r/\rho_0}$; r_0 என்பது தரைமின்வாயின் குறுக்களவின் சம ஆரம். (தரைமின்வாயின் குறுக்களவுப் பரப்பிற்கு ஒத்த அளவுள்ள வட்டப்பரப்பின் ஆரத்திற்குத் தோராயமாக சமமானது.)

kயைக் கணக்கிடுவதற்குக் கீழ்க்காணும் சராசரி தடைத்திறன் மதிப்புக்களை எடுத்துக் கொள்ளலாம். மூடு வடத்தின் இரும்புகளுக்கு 15×10^{-4} ஓம்-மீட்டர், ஈய உறைகளுக்கு 21×10^{-4} ஓம்-மீட்டர், இரும்புக் குழாய்களுக்கு 50×10^{-4} ஓம்-மீட்டர். r_0 மதிப்புக்களைச் சரியான அட்டவணைகளிலிருந்து பெறக்கூடும்.

புதிதாக அமைக்கப்பட்ட வடங்களின் தரைத்தடையை நிர்ணயிக்கும் பொழுது சணல் பயனீட்டின் விளைவு, தடைத்திறனின் உயர்வில் ஏற்படுத்தும் பாதிப்பைக் கணக்கில் கொள்ள வேண்டும். கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் அதற்கான காரணிகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 10-3

சணல் பயனீட்டுக் காரணியும் மண்ணின் தடைத்திறனும்

மண்ணின் தடைத்திறன் ஓம்-மீட்டர்	$0.5.10^2$	1.10^2	2.10^2	5.10^2	10.10^2	20.10^2
சணல் பயன் காரணி	6.0	2.5	2.0	1.4	1.2	1.05

கடத்தியை தாங்கும் முறை: 20க்கு மேற்பட்ட எண்ணிக்கையுள்ள தாங்கிகளைக் கொண்ட கடத்தியைத் தாங்கும் தொகுதியின் தரைத் தடை கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

$$R_l = \sqrt{r_c R_0} \qquad (10\text{-}16)$$

20க்குக் கீழுள்ள தாங்கிகளைக் கொண்ட தொகுதிக்கு மேற்காணும் வாய்ப்பாடு.

$$R_l = \sqrt{r_c R_0}\cot\left(h\sqrt{\frac{r_c}{R_0}}\right) \qquad (10\text{-}17)$$

இங்கு R_0 தாங்கியின் தரைத்தடை.

r_c = ஒரு தாங்கு தூரத்திற்குக் கடத்தியின் தடை.

ஒவ்வொரு தாங்கியிலும் கடத்திகள் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்டுத் தாங்கு தூரமும் தாங்கிகளின் தரைத்தடையும் சமமாகவும் இருந்தால் இந்தச் சமன்பாடு பொருந்தும். இவைகள் உண்மை நிலைகளாக இல்லாததால் இந்த சூத்திரங்கள் தோராயமானவையே. ஆனாலும் தவறு 5 சதவீதத்தைத் தாண்டாது.

எஃகு கற்காரை அடித்தளங்கள். சமீப ஆண்டுகளில் துணைமின் நிலைய அடித்தளங்களுக்கும் மின்தொடர்த் தாங்கிகளின் அடிப்பகுதிகளுக்கும் எஃகு கற்காரையின் பயன்கள், இந்நாட்டிலும் வெளி நாடுகளிலும் வெகுவாக ஆராயப்பட்டுள்ளது. ஒருபுறம் இவை விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மறுபுறம் தண்ணீர் நிறைந்த பகுதிகளில் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது கற்காரை அதன் கடத்தும் தன்மையை இழப்பதில்லை.

இவ்வடிப் பகுதிகளின் தரைத்தடையைக் கணக்கிடுவதற்குப் பல் வேறு வெளியீட்டு விவரங்களைக் காண வேண்டும். முக்கியமாக ஏ. கொர்சுன்ட்செவ் [51] கொடுத்துள்ள விவரங்களைக் காண வேண்டும்.

வேலிகளுக்குத் தரை இணைப்பு. முதல் பார்வையில் மிகவும் எளிதாகவும் வெளிப்படையாகவும் தோன்றும் இந்தப் பிரசினை மிகவும் முரண்பாடுகளை எழுப்பியுள்ளது. வேலிகளுக்குத் தரை இணைப்பு செய்வதில் ஒருமித்த கருத்து காணப்படவில்லை. சோவியத் நாட்டில் இந்தத் தரை இணைப்பிற்கான தேவைகள், மின் அமைப் புக்களின் கட்டுமானத்திற்கான விதி முறைகள் பத்தி 1-7-30ல் தெளிவாக வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. துரதிர்ஷ்டவசமாக இந்தத் தேவைகள் சீராக இல்லை. சில இன்றைய தேவைகளை நாம் பார்ப்போம்.

தரை இணைப்பு முறைகளின் கட்டுமானத்தைப் பொருத்தவரையில் துணைமின் நிலையம் அதிக எண்ணிக்கையிலுள்ள ஆழப்பதித்த தரை மின்வாய்களையும் அதிக கடத்தும் திறனையும் கொண்ட பகுதியாகும். சாதன தரை அமைப்பைப் பொருத்து முக்கிய தரைக் குழாய் அமைப்புக்களைச் சரியான இடங்களில் நிறுவுவதன் மூலம் பாதுகாப் பினை மேம்படுத்தலாம். இதனுல் துணைமின்நிலையப் பகுதிக்குள் அழுத்தம் சமப்படுத்தப்படுவதுடன் பொதுவாகத் தரை இணைப்பு முறையின் கடத்தும் திறன் அதிகரிக்கிறது.

பதினொன்றும் அத்தியாயம்

பாதுகாப்பு செந்தரங்களை அறிவியல் முறையில் நிர்வகித்தல் -- மின் பாதுகாப்பு முறைகள் மனிதர்களைக் காக்கும் சாதனங்கள் -- உடைகள்

11-1. மின்னியலில் அறிவியலான மேலாண்மையின் பொதுப் பிரசினைகள்

மின் சாதனங்களின் இடர்ப்பாடில்லாத இயக்கம் ஒரு தனிப்பட்ட தொழிலகத்தின் செயல்முறையைப் பாதிக்கும் காரணிகளில் ஒன்றான தாலும் தேச பொருளாதாரத்தின் செயல்பாட்டைப் பாதிக்கும் பண்புகள் கொண்டுள்ளதாலும் மனிதர்களுக்கு மின் காயங்கள் விளைவிக்கும் சாத்தியக்கூறு உள்ளபடியாலும் அச்சாதனங்களின் பராமரிப் பிற்குக் கடுமையான விதி முறைகள் தேவை.

மின்னியலில் தொழில்நுட்ப மற்றும் அமைப்பு வழி நடவடிக்கைகள் நெடுநாட்களுக்குமுன் செயல்படத்துவங்கின. 19ம் நூற்றுண்டின் முடிவில் அவற்றில் சில சட்டமாக்கப்பட்டன.

மின் மயப்படுத்தலின் முழுமையான வரையறைக்குள், மின்சாதனங் கள், கம்பிகள் வடங்களுக்கான குறிப்பிட்ட செந்தரங்கள், தொழிலமைப் பின் அடையாளமாகும்.

விபத்தைத் தவிர்க்கும் கண்ணோட்டத்தில் மின்சாரப்படுத்தலின் பொதுவான அறிவியல் அடிப்படையைக் கீழ்க்காணும் கட்டங்களாகப் பிரிக்கலாம். (1) மின் சாதனங்களின் ஆரம்பத் தேவைகளைச் செந்தரப் படுத்தல். இதற்குத் தேவையான அடிப்படை ஆவணங்கள் மாநிலத்தில் செந்தரங்களாகும். (2) மின் சாதனங்களின் கட்டுமானம் மற்றும் கம்பி அமைப்பிற்கான தேவைகளைச் செந்தரப்படுத்தல். இதற்கான அடிப்படை ஆவணங்கள் கட்டட விதிமுறைகள், (ஆரும் அத்தியாயம்) மின்சாரக் கருவிகள் வேலையிடத்தின் அமைப்பும் ஏற்பும், இயக்கங்களின் செயல்பாடு (112), இறுதியாக மின்சார அமைப்புக்கள், உபாயங்கள் மற்றும் மூலங்களின் பாதுகாப்பான பராமரிப்பு, பணி, வடிவமைப்பிற்கான குறிப்பிட்ட விதிமுறைகள் பலவும் ஆகும்.

தொழிலாளர் அமைப்பின் பாதுகாப்பு விதிகள் மின் சாதனங் களின் உற்பத்தியைப் பொருத்தவரையில் வேறு இயந்திரங்கள் மற்றும் கருவிகள் உற்பத்திக்காக கடைபிடிக்கும் விதிகளினின்றும் அடிப்படையில் மாறுபடுவதில்லை. இதே விதிமுறைகள் குறைந்த அளவிற்கு மின் சாதனங்களின் கம்பியமைப்பிற்கும் பொருந்தும். உற்பத்தி

சாதனங்களுடன் உள்ள முக்கிய வேறுபாடுகள், மின் சாதனங்களின் பயன் மற்றும் பராமரிப்பிலேயே காணப்படுகின்றன. ஆகவே இவற்றை அறிவியல் முறையில் நிர்வகிப்பது மிகுந்த முக்கியத்துவம் அடைகிறது.

மின் சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவதில் அறிவியல் முறை தொழில் அமைப்பு, சாதனத்தின் பராமரிப்போடு செயல்படும் விஞ்ஞானப் பிரிவாக வளர்க்கப்படுகிறது. இந்தப் பிரசினைகளை வெற்றிகரமாகக் கையாளுவதற்குத் தொழில் நுட்ப, அமைப்பு ரீதி, சமூகவியல் மற்றும் பொறியியல் தொடர்பான பல்வேறு விவரங்களைப் பயன் படுத்தும் விரிவான ஆராய்ச்சி தேவை.

முக்கிய மின் வழங்கு அமைப்புக்களின் ஆராய்ச்சிக் குழுக்களாலும் துறைகளாலும் வட்டார மின் வழங்கு நிலையங்கள் மற்றும் இணைப்புத் தொகுதிகளைச் சீராக்குதல் மற்றும் அமைப்பிற்கான அனைத்துச் சங்க மாநில அறக்கட்டளையாலும் அறிவியல் தொழில் அமைப்புக்களின் அடிப்படையை அமைப்பதற்கான முக்கிய பங்கு எடுக்கப்பட்டது.

இவ்வேலைகளின் பிரதிபலிப்பு, மின் வழங்கு தொகுதிகள், நிலையங்கள் மற்றும் இணைப்புத் தொகுதிகளில் அறிவியல் முறை மேலாண்மையின் முன்னேற்றத்திற்கான முதலாவது முறையான அறிவுரைகளில் காணப் படுகிறது. [70] மின்சாரம் பயன்படுத்துவதில் தொழிலாளர் அமைப்பிற் கான சிபாரிசுகள் பற்றிய குறிப்பு [71] அறிவியல் முறை மேலாண்மை யின் பொது பிரசினைகளை விவாதிக்கிறது. அவற்றில் இவையும் அடங்கும். (1) பொருட்களையும் மனிதச் சக்தியையும் பயனுறக் கையாளுதல் மின் நிலையங்கள் மற்றும் இணைப்புத் தொகுதிகளைப் பொருத்தவரையில் குறைந்த மனித சக்திச் செலவையும் மனித மணிகளில் வேலையிலும் பராமரிப்பு விதிமுறைகள் மற்றும் நியமங்களின் கடுமையான கடைப்பிடிப்பைக் குறிப்பிடுகிறது. (2) மிக்க பயனுள்ள தொழில் தீவிரம் அதாவது குறைந்த கால இழப்பும் வேலை நேரத்தின் பயனுள்ள செலவும். (3) வெளிவரும் உற்பத்திப் பொருளின் மேம்பட்ட தரம். மின் தொழிலைப் பொறுத்தவரையில் சாதனங்களில் இயக்கத்தில் முறிவுகளையும் இடர்ப்பாடுகளை நீக்கலையும் விளைவாக, குறிப்பிட்ட அழுத்த மற்றும் விரைவு செந்தரங்களோடு தடைப்படாத மின்சாரத்தையும் குறிக்கிறது. (4) தொழிலாளர்களின் அதிக ஆர்வமும் ஈடுபாடும் மேம்பட்ட ரசனையும் பணியாற்று வோருக்கும் முறைப் பணியாளர்களுக்கும் குறிப்பாக அப்போது பணியில் உள்ளோருக்கும் மேற்கூறிய பண்புகள் முக்கியமாகும். வேலை நேரங்களில் ஆர்வம் இல்லாததால் தோன்றும் களைப்பும் சலிப்பும் விபத்துக்களுக்கும் முறிவுகளுக்கும் வித்தாகும். இப்பிரசினை களின் கூடுதலான பொறுப்பு, தொழிலாளர் கட்டுப்பாடு, வேலையில் சம அறக் கட்டுப்பாட்டை வளர்த்தல் இவற்றால் தீர்வு பெறும்.

இந்தப் பொது பிரசினைகளைத் தெரிந்து கொண்டதால் சாதனங்களின் பயனீட்டுதலில் பாதுகாப்பை எவ்வாறு வளர்ப்பது என்பதைக் காண முடிகிறது. ஆகவே உற்பத்தியின் எந்தக் கட்டத்திலும் அறிவியலான மேலாண்மையைப் புகுத்துவது மின் பாதுகாப்பின் அடிப்படையை வலுப்படுத்துகிறது.

இயக்கத் தொடர் நிகழ்ச்சிகளையும் பணியாளர்களின் செயல் பாட்டின் நோக்க வீச்சையும் இயல்பையும் நிலைப்படுதல் சம்பந்தமான வேலைகள் மிகவும் பயனுள்ளதும் இன்றியமையாததும் ஆகும். அறிவியலாகச் சோதிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சி அட்டவணைகளைக் கடைப் பிடித்தலும் ஒரு குறிப்பிட்ட இயக்கச் சூழலுக்கான விதிமுறைகளைக் கடுமையாகக் கையாளுதலும் அபாய நிலைகளை நீக்குவதற்கான வழிகளைக் கொடுக்க வேண்டும். ஆனாலும் மின்காயங்கள் நிகழுகின்றன. பொதுவாக அவை விதிமுறைகளை மீறுவதால் நேரிடுகின்றன. அப்படியில்லாமல் நேரிட்ட விபத்துக்களும் உண்டு. அறிவியலான மேலாண்மை, மின் சாதனங்களின் இயக்கம் பற்றிய தற்போதுள்ள விதிமுறைகளின் பயன் பற்றிய ஆய்வையும் விதிமுறைகள் மீறப் படுவதன் காரணங்கள் பற்றிய புலனாய்வையும் பெறப்பட்ட விவரங் களையொட்டி, விபத்துத் தவிர்ப்பு முறைகளை வளர்ப்பதையும் கொண்டது.

அறிவியல் ரீதியான நிர்வகிப்பின் பொழுது எழும் பிரசினைகள், முக்கியமாக வேலை நிலைகளின் ஆய்வினையும் பணியாளர்களின் தவறுகள் பற்றிய ஆய்வுடனும் தொடர்புள்ளவை, பணியாளர்கள் தெரிந்து கொள்ள வேண்டிய கட்டாய அறிவுகள் பற்றிய விதி முறைகளை ஆய்வதில் தர்க்க இயலாக முடிகின்றன. மின் சாதனங்களைப் பார்க்கும் பணியாளர்கள் தெரிந்து கொள்ள வேண்டியன, மிகவும் அதிகமாகவும் என்பதே நமது எண்ணம். இந்த விஷயத்தில் அதிக போதனை பணியாளர்களிடையே தேவையற்ற அதிக விவரங்களைக் கூறுவது, அவசரப் பிரசினைகளைச் சமாளிப்பதற்குத் தேவையான முக்கிய விவரங்கள், (அதிகமான தேவையற்ற சிறு விவரங்களால்) முக்கியத்துவம் இழப்பதில் முடியும்.

விபத்துக்கள் மற்றும் முறிவுகளின் விரிவான ஆய்வும் முறிவுகள் ஏற்படுத்தாத தவறுகள் மற்றும் மீறல்களின் ஆய்வும் தற்போதுள்ள விதிமுறைகளில் கூறப்பட்டுள்ள அதிக விவரங்களைக் கையாளுவது அறிவுபூர்வமானதாகும் என்பதை விளக்கும். ஒரு வேளை விதிமுறை களில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அதிக விவரங்கள் தனிக் குறிப்புகளிலோ துணை வெளியீடுகளிலோ கொடுக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

மின் பாதுகாப்புப் பிரசினைகள் தொடர்பான அறிவியல் ரீதியான நிர்வகிப்பைப் பற்றிய சுருக்கமான முடிவுகள் சிலவற்றை நாம் எட்டுவோம். நமது கருத்தில் அறிவியல் ரீதியான நிர்வகிப்புப் பிரசினைகள் கீழ்வருவன பற்றி அமைய வேண்டும்.

(1) வேலை நோக்கையும் பணியாளர்களின் இயக்கப்பகுதியையும் நிர்ணயித்தல்.

(2) தொழில் நுட்பக் கையேடுகள் மற்றும் ஆவணங்களின் கூற்றுக்களைத் திருத்தியமைத்தல்.

(3) உள்தட்பவெப்ப நிலைக்கான, சுகாதார மற்றும் தொழில்நுட்ப தேவைகளைக் குறிப்பிடுதல்.

(4) முறைநேர மற்றும் பழுது பார்க்கும் பணியாளர்களின் வேலைக் காலத்தின் அளவு.

(5) பொறியியல் மற்றும் உளவியல் நோக்கில் பணியாளர்கள் மற்றும் அவர்கள் செயல்பாட்டிற்கான தேவைகள் பற்றிய விளக்கங்கள்.

(6) பாதுகாப்பு சாதனங்கள் மற்றும் பொதுவான பாதுகாப்பு மற்றும் சிறப்பு உடைகள் பற்றிய குறைந்த பட்ச தேவைகளின் அட்டவணை.

(7) பழுது பார்க்கும் இயக்கங்களின் நோக்கு பற்றிய விளக்கங்கள்.

தொழிலை அறிவியல் ரீதியாக நிர்வகிக்கும்பொழுது சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவது என்பது ஒரு புதிய அறிவியல் அல்ல. மின் சாதனங்களின் கட்டுமானம், நிர்மாணம் மற்றும் பயன் இவற்றில் பெற்ற பொதுவான அனுபவங்களிலிருந்து அது கருத்துக்களை ஈர்க்கிறது. இந்த அனுபவம் மின்னியல் விதிமுறைகளிலும் பிரதிபலிக்கிறது. இந்தக் குறிப்புச் சட்டத்திற்குள் தற்போதுள்ள மின்னியல் விதிமுறை களின் அடக்கம், தொகுப்பு (வெவ்வேறு பிரிவுகள் மற்றும் அத்தியாயங்களில் உள்ளன) பற்றி சுருக்கமாகவேனும் விவாதித்தல் அவசரத் தேவையாகும்.

11-2. மின்சார விதிமுறைகள்

வேறு எந்த விதிமுறைகளையும் போல மின்சார விதிமுறைகள் பல செயல்பாடுகளின் நோக்கங்களையும் அனுபவத்தையும் குறிப்பிடுகிறது.

ஒவ்வொரு தொழில் வளர்ச்சி பெற்ற நாட்டிலும் உள்ள மின்சார விதிமுறைகள், எல்லா நாடுகளுக்கும் பொதுவான தேவைகள் மற்றும் மரபுகளின் பின்னணியில் அந்தத் தேசத்து அனுபவத்தைப் பிரதிபலிக் கின்றன. அதனது நோக்கு, நிறைவு மற்றும் அறிவியல் நோட்டமிடு தலைப் பொருத்தவரையில் சோவியத் நாட்டில் மேற்கொள்ளப்படும் விதிமுறைகள், செந்தரங்கள் மற்றும் குறிப்பீடுகள் மிகவும் மேம்பட்ட விதிமுறைகளோடு கருதப்பட வேண்டும். விதி விலக்கில்லாமல் எல்லாத் தொழிலகங்களுக்கும் கட்டாயமான அனைத்துச் சங்க விதிமுறைகள் பற்றி இங்கு மிகச் சுருக்கமாக விவாதிப்போம். ஏனென்றால் கம்பிகள் மற்றும் வடங்களின் மின்சாதன செந்தரங்களை (அவை சந்தேகமின்றி நம்பக மற்றும் பாதுகாப்பு தேவைகளைக் கொண்ட மிக முக்கிய ஆவணங்களாக இருந்தாலும்) அளிப்பது இந்தப் புத்தகத்தின் நோக்கமல்ல.

மின் சாதனங்களைச் சரிப்படுத்துவது தொடர்பான கட்டுமானப் பணிகளில் செய்ய வேண்டிய தேவைகளை உணர்த்தும் விதிமுறைகளை தொழில்நுட்ப வரிசையில் பார்ப்போம். இந்த விதிமுறைகளைக் கையாளுவது சாதனங்களின் நம்பகமான இயக்கத்தையும் பாதுகாப்பான பயனையும் மேம்படுத்துகிறது. இவ்விதிமுறைகள் மிக அதிகமான எழுத்து விவரங்களையும் தேவையான குறிப்பீட்டு விவரங்கள் கொண்ட அனுபந்தங்களையும் கொண்டுள்ளது. மின் நுட்ப அமைப்புக்களையும் வடிவமைப்பையும் கட்டுமான, நிர்மாணப் பணிகளையும் கையாளுவோருக்காக இவ்விதிமுறைகள் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன. விதிமுறைகள் பல்வேறு அத்தியாயங்களையும் பிரிவுகளையும் பத்திகளையும் கொண்டு உள்ளது. கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் வேறு கட்டாய ஆவணங்களோடு உடன்படுகின்றன. மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகளின் *[64]* மூலப்பகுதி, இதன் *157* பத்திகளில் வார்த்தை விடாது கூறப்பட்டுள்ளது. கூறப்படும் விதிமுறைகளை அறிவித்துப் புகுத்தியது கட்டுமானப் பணிக்கு நேரடியாகப் பயன்படும் விபத்துத் தவிர்ப்புக் கொள்கையின் மேம்பாட்டிற்கான மதிப்புள்ள பங்காகும். இதில் உள்ள தேவைகளை வெற்றிகரமாகவும் முழுமையாகவும் செயல்படுத்தல் மின் சாதனங்களின் நம்பகமான மற்றும் பாதுகாப்பான இயக்கங்களுக்கு அடிகோலும்.

மற்றொரு ஆதாரமான வெளியீடு மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமானத்திற்கான கட்டாய விதிமுறைகள் *[65]* கட்டுமான செந்தரங்களும் மற்றும் குறிப்புக்களும் ஒரு வழியில், மின்னியல் கம்பியமைப்பு செந்தரங்களாகக் கொள்ளலாம். மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகள் குறிப்பிட்ட தொழில் பிரிவுகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆனால் இவைதான் அனைத்துச் சங்கத்தின் முதல் விதிமுறைகள். அதனால் தொழிலகங்களாலும் எல்லா அமைச்சகங்கள் மற்றும் துறைகளின் வடிவமைப்பு பிரிவுகளாலும் கண்டிப்போடு பின்பற்றப்படுகின்றன. இந்த விதிமுறைகளின் முதலாவது மற்றும் பின்னைய வெளியீடுகளில் நாட்டின் முக்கிய மின் பொறியியல் தொழிலகங்களின் சார்பாளர்களும் பெயர்பெற்ற விஞ்ஞானிகள் மற்றும் நிபுணர்கள் அடங்கிய அறிவியல் வட்டத்தினரும் கருத்துக்களை அளித்திருக்கின்றனர். சோவியத் நாட்டில் மின் சாதனங்களின் இயக்கத்திலேற்பட்ட அனுபவங்களையும் வேறுபாடுகளின் விதிமுறைகளில் கண்ட விவரங்களையும் (உதாரணமாக ஜெர்மன் மின்நுட்ப நியமங்கள் மற்றும் அமெரிக்க மின்பாதுகாப்பு நெறிகள்) அடிப்படையாகக் கொண்டு இவ்விதிமுறைகள் வகுக்கப்பட்டுள்ளன. சோவியத் நாட்டு மின்சாரத் தொழில் மற்றும் அதன் வளர்ச்சியின் ஒளிமயமான வெளிப்படுத்தலாக இவ்விதிமுறைகள் விளங்குகின்றன. ஆகவே இவை சோவியத் நாட்டிலும் மற்றும் வெளிநாடுகளிலும் பாராட்டப்படுகின்றன. கட்டுமான மற்றும் நிர்மாண விதிமுறைகளில் இருப்பது போல் இரண்டு பங்கு பத்திகள் இவ்விதி முறைகளில் உள்ளன.

முக்கிய வேறுபாடு தலைப்புக்களும் மற்றும் அனுபந்தங்களும் இல்லாமையே. பொருத்தமான பெயர்களும் படங்களும் கொண்ட பிரிவுகளாக இவ்விதிமுறைகள் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. பிரிவுகள் அத்தியாயங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகளில் ஒன்று அல்லது மற்ற வடிவுடைய சாதனம் மற்றும் கருவியின் உற்பத்தியைக் குறிப்பிடும் விரிவான விவரங்கள் இல்லை. அத்தகைய குறிப்பு விவரங்கள் அந்தச் சாதனங்களுக்கான செந்தரங்களில் காணப்படும். ஆனால் அந்தச் செந்தரங்களுக்குட்பட்டு உற்பத்தி செய்யப்படும் சாதனங்கள் எல்லா அலகுகளிலும் விதிமுறைகளோடு உடன்பட வேண்டும். துரதிர்ஷ்டவசமாக எப்போதும் அவ்வாறிருப்பதில்லை. விபத்து விவரங்களை ஆராயும் பொழுது இத்தகைய குறைபாடுகள் அல்லது செந்தரங்களில் பாதுகாப்பு காரணிகளுக்குப் போதுமான கவனம் கொடுக்காமை வெளிவருகின்றன. சாதனங்களின் பராமரிப்பின் மேம்பாட்டு வேகத்தைவிடக் குறைந்த வேகத்திலேயே விதிமுறைகளுக்கு, குறிப்பாக நியமங்களுக்குத் திருத்தம் செய்யப்படுகிறது. அறிவியல் ரீதியான நிர்வாகத்தின் நோக்கம் சாதனங்களின் நியமங்களுக்கும் மற்றும் மின்சாதனங்களின் பராமரிப்பிற்கான தேவைகளுக்கும் விரைவான திருத்தங்கள் செய்வதற்கான முறையை வகுத்தலேயாகும்.

மின்சார மூலங்கள் மற்றும் மின்நிலையங்களுக்கான தொழில்நுட்பப் பராமரிப்பிற்கான விதிமுறைகள் 35 ஆண்டுகள் பழமையானவை. முதல் பதிப்பு 30ஆம் ஆண்டுகளின் நடுவில் வெளியிடப்பட்டது. 12வது திருத்திய பதிப்பு 1968ல் வெளியானது. தொழில் மின்சார அமைப்புக்களின் இயக்கம் மற்றும் பாதுகாப்புப் பயனுக்கான விதிமுறைகள் போர்க்காலத்திற்கு முன்னர் வெளியிடப்பட்டன. பயனீட்டாளர்களின் மின் அமைப்புக்களின் இயக்கம் மற்றும் அவற்றின் பலனில் பாதுகாப்பியல் இவற்றிற்கான கட்டாய விதிமுறைகள் 1969ல் வெளியிடப்பட்டன. வழங்கு இணைப்புத் தொகுதிகளுக்கான பாதுகாப்பு விதிமுறைகளும் 1969ம் ஆண்டின் இறுதியில் செயல்படுத்தப்பட்டன. மின் பொறியியலோடு தொடர்புள்ள, மின் நிலையங்கள் மற்றும் மூலங்களின் பகுதி பயனீட்டாளர்களது விதிமுறைகள் போலவே. ஆனால் சற்றுச் சுருக்கமாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. இந்த விதிமுறைகளைச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

இது பொருளடக்கத்திலும் அவற்றைக் கையாளுவதிலும் மின் அமைப்புக்களின் கட்டுமான விதிமுறைகளிலிருந்து வேறுபடுகிறது. விதிமுறைகளில் முக்கிய பகுதியும் பிற்சேர்க்கைகளும் உள்ளன. அவை கட்டாயத் தேவைகளையும் குறிப்பு விவரங்களையும் சேர்த்துத் தந்து முன்னர் குறிப்பிட்ட தேவைகளை நிறைவு செய்கின்றன.

மின் சாதனங்களைப் பயன்படுத்தும் மின் பணியாளருக்கு அவ் விதிமுறைகளின் அடக்கம் சந்தேகம் விளக்காது. அதனது அடுக்க

மைப்பு மற்றும் மனனம் செய்யும் கண்ணோட்டத்தில் விஷயங்களின் தொகுப்பு விமரிசனத்துக்குரியது. மின் வழங்கு தொகுதிகளின் பிரிவுகள் பற்றிய அதிக விவரங்கள் கொண்ட நீளமான அத்தியாயங் களுக்குப் பின்னர் தனிப்பட்ட வகைச் சாதனங்களின் வர்ணனைகள் இடம் பெறுகின்றன. இது விஷயங்களை அளிப்பதின் தர்க்க இயலான வரிசை அல்ல. ஆகவே அந்தப் பொருளினைப் புரிந்து கொள்வது கடினமாகிறது.

தற்போது அமலிலுள்ள மின் வழங்கு இணைப்புத் தொகுதிகளுக் கான பாதுகாப்பு விதிமுறைகள் எனும் பொதுவான மின்நுட்ப முறைகளை இப்போது விவாதிப்போம். இந்த விதிமுறைகள் நகர்ப் புறம் மற்றும் கிராமப் புறங்களின் வழங்கு இணைப்புத் தொகுதிகளின் மின் அமைப்புக்களில் பணியாற்றுவோருக்குப் பொருத்தும். மின் அழுத்தம் ஓரளவோ முழுமையாகவோ பெறுவன அல்லது தானுக மின்சாரம் பெறக்கூடியன இயக்கத்திலுள்ள அமைப்புக்களாகக் கருதப் படுகின்றன. இவ்விதிமுறைகள் 35 கிலோவோல்ட் வரையிலுள்ள மேல்நிலைத் தொடர்களுக்கும் துணைமின் நிலையங்களுக்கும் தெருவிளக்கு இணைப்புக்களுக்கும் கட்டிடங்களின் மின் நுழை வாயில்களுக்கும் 1,000 வோ கீழுள்ள தொகுப்புக்களுக்கும் பலகைகளுக்கும் பொருந்தும். பயனீட்டாளர்களின் அமைப்புக்களில் உள்ள எண்ணிக்கையை விட இதில் ஈடுபட்டுள்ளோரின் எண்ணிக்கை குறைவு. ஆகவே இவ்வித முறைகள் ஓரளவுக்குத் தனித்தன்மை வாய்ந்தன. ஆனாலும் வழங்கு இணைப்புக்களின் எல்லைகளும் பயனீட்டாளர்களது இணைப்புக் களோடு அவற்றின் தொடர்பும் பயனீட்டாளர்களது மின் பாது காப்பில் இதன் பங்கும் இவ்விதிமுறைகளை முக்கியத்துவம் பெற்றவை ஆக்குகின்றன.

புதிய விதிமுறைகளின் [11] அளவு ஒரு பகுதியைப் பிற்சேர்க்கை களுக்கு மாற்றுவதின் மூலம் குறைக்கப்பட்டுவிட்டது. விதிமுறைகள் ஐந்து பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அவை மேலும் பல அத்தியாயங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. விதிமுறைகளில் ஆறு அத்தியாயங்கள் உள்ளன. இப்புத்தகத்தில் 135 பக்கங்கள் உண்டு. 90 பக்கங்களில் முக்கிய பகுதியும் மீதியில் பிற்சேர்க்கைகளும் இடம் பெறுகின்றன. அளிக்கும் பொருட்களை முக்கிய பகுதியாகவும் துணைப் பகுதிகளாகவும் இவ்வாறு பிரிப்பது அறிவு பூர்வமானது என்று நிபுணர்களால் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது [61,63]. பொதுவாக விதிமுறை களைப் பார்த்த பின்னர் கீழ்க்காணும் முடிவுகளை எட்டுதல் சரியானதே.

எல்லாக் கட்டங்களிலும் பாதுகாப்பை அடையும் நோக்கத்தோடு மின் அமைப்புக்களின் பராமரிப்பிற்கான பொது அறிவு நுட்பம் விளக்கிக் கூறப்படுவதே இவ்விதிமுறைகள். செய்யப்பட்ட வேலை களின்பால் உண்மை நிலைகளில் செய்த ஆய்வு நல்ல பயன்களை அளித்தது. இன்றைய விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில்

முதல் உதவி விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனாலும் சில பலவீனமான பகுதிகள் இன்னும் உள்ளன. தேவையற்ற விவரங்களால் விதிமுறைகள் பளுவாகத் தோன்றுகின்றன. சில கட்டங்களின் பராமரிப்பு பற்றிய விவரங்கள் நன்கு நிலை நிறுத்தப்படவில்லை. இந்தப் பலவீனங்கள் எல்லா விதிமுறைகளிலும் காணப்படுவதால் இது ஆசிரியர்களின் தவறு இல்லை. பொதுப்படையான பாதுகாப்பு பிரசினைகளைத் தீர்க்கத் தேவையான சமூகவியல், பொறியியல், உளவியல் விஷயங்களில் விரிவான, பரந்த ஆராய்ச்சியின் மூலமே இயலும். தற்போது இதே நிலையிலுள்ள விதிமுறைகள், மின்விபத்துத் தவிர்ப்பு கொள்கைகளுக்குத் தேவையான பங்காற்றுகின்றன என்று நம்புவதற்கு எல்லாக் காரணங்களும் உண்டு.

11-3. மின் அமைப்புக்களில் இயக்கும் செயலுக்கான வழி முறைகள்

பராமரிப்பு மற்றும் பாதுகாப்பு விதிமுறைகள் எல்லாவகைத் தகுதிகளைக் கொண்ட பணியாளர்களுக்கு இயக்கங்களுக்கான வரிசையையும் விதிமுறைகளையும் குறிப்பிடுகிறது. முதலாவதாக இவை வேலைக்கான கட்டளையிலோ அல்லது நேர்முக அறிவுரைகள் வாயிலாகவோ குறிப்பிடப்படுகின்றன. பாதுகாப்பு முறைகளைப் பொருத்த வரையில் இயக்கக்கூடிய மின் சாதனங்களின் உட்புறமோ அல்லது வெளிப்புறமோ செய்ய வேண்டிய இயக்கங்கள் நான்கு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன:

(1) முழுவதும் மின்சாரம் விலக்கப்பட்ட சாதனத்தில் செய்யும் வேலை;

(2) ஓரளவு மின்சாரம் விலக்கப்பட்ட சாதனத்தில் செய்யும் வேலை;

(3) மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில் அதாவது மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளுக்கு வெகு அருகிலேயோ அல்லது அவற்றின் மேலேயோ செய்யும் வேலை;

(4) மின்சாரம் உள்ள சாதனத்தில் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளுக்கு அப்பால் செய்யும் வேலை;

மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களின் பகுதிகள், கம்பிகள், செலுத்தத் தொடர்கள் இவை இயக்கங்களின் ஆரம்பத்தில் மின்சாரம் பெறாது இருந்து பின்னர் எந்நேரத்திலும் மின்சாரம் பெறக்கூடும்.

விதிமுறைகளில் செய்யவேண்டிய எல்லா வகை வேலைகளின் முழு வருணனையும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. வேலை உத்தரவின் வடிவும் உள்ளடக்கமும் ஒருமைப்படுத்தப்பட்டுவிட்டன. வேலை உத்தரவின்படி கீழ்க்காணும் வகை வேலைகளைச் செய்யலாம்: 1. மின்சாரம் இல்லாத சாதனங்களில், 2. ஓரளவு மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில், 3. மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில். வாய்மொழி உத்தரவுகள் மூலம் பணியாளர் கீழ்க்காணும் இயக்கங்களைச் செய்யலாம்: (1) மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில், (2) மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளுக்கு அப்பால்,

(3) ஓரளவோ அல்லது முழுமையாகவோ மின்சாரம் விலக்கப்பட்ட சாதனங்களில் செய்யும் குறுகிய கால அளவு வேலை மற்றும் சில வகை வேலைகள்.

மின் சாதனங்களைப் பராமரிப்பதில் ஈடுபட்டுள்ள ஒவ்வொரு பணியாளரும் பாதுகாப்பு நோக்கங்களுக்குத் தகுதியுடையவர்; பணியாளரின் வயதையொட்டி ஐந்து தரப் பிரிவுகள் உள்ளன. (17 வயதுக்குக் குறைந்த பணியாளர்கள் இயக்கத்தில் உள்ள மின் சாதனங்களில் வேலை செய்ய அனுமதிக்கப்பட மாட்டார்கள்) முதலாவதைத் தவிர மீதம் உள்ள தரப்பிரிவுகளுக்கு மின்சாதனங்களைக் கையாளுவதில் ஓரளவு அனுபவமும் நீண்ட பணிக்காலமும் தேவைப்படுகிறது. உயர்ந்த பொறி இயல் படிப்பும் அறிவியல் பட்டங்களும் உயர்ந்த பொறி இயல் மதிப்பும் உள்ளவர்கள் கூடப் போதுமான அனுபவம் இல்லாவிட்டால் மூன்றாவது தரப் பிரிவிற்கான மின்சாதன பராமரிப்பு வேலையே கொடுக்கப்படுகிறார்கள். இதைத் தவிரத் தரமானது பணியாளர் பெற்றுள்ள அறிவையும் பொருத்தது ஆகும். பராமரிப்பு பணியாளர்களைக் கீழ்க்காணுமாறு வகைப்படுத்துகிறார்கள். (1) வேலை உத்தரவுகளையும் வாய்மொழி அறிவுரைகளையும் வழங்கும் நிர்வாகத் துறையினர். (2) பணியாளர்களைத் துணைமின் நிலையங்கள் வழங்கு மையங்கள் மூடுவட மற்றும் மேல்நிலைப் பாதைகளில் அனுமதிக்கும் பொறுப்புள்ள தொழில் நுட்ப வல்லுநர்கள். (3) மேற்பார்வையாளர் மற்றும் முகவரின் பங்குகளை உயர்ந்தபட்ச தரத்தினால் செய்கின்ற மேற்பார்வையாளர்கள். (4) உடன்வேலை பார்ப்பவர்கள். மேற்கூறிய எல்லாப் பிரிவினரின் உரிமைகளும் கடமைகளும் மற்றும் குறிப்பிட்ட வேலை மற்றும் இயக்கத்திற்கான பாதுகாப்பான செயல்பாட்டிற்குத் தேவையான பொறுப்புக்களும் தெளிவாகக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. வேலை பார்ப்பதற்கு அனுமதி கொடுப்பதற்கு மட்டும் இல்லாமல் வேலையை முடித்துக் கொள்வதற்கும் அதாவது வேலை உத்தரவுகளைச் சரிபார்ப்பதற்கும் நிறைவு செய்வதற்கும் போதுமான கவனம் செலுத்தப்படுகிறது.

விதிமுறைகளும் பின்வரும் அறிவுரைகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைகளில் செய்யவேண்டிய இயக்கங்களைத் தெளிவாக விளக்குகின்றன. மற்றும் அவற்றின் முறையையும் வரையறை செய்கின்றன. மின் அமைப்புக்களில் வேலையை ஒழுங்குபடுத்த இத்தகைய விதிமுறை முதல் பார்வையில் சிக்கலாகத் தோன்றினாலும் அனுபவ அடிப்படையில் தேவையானதாகவே தெரிகிறது. இத்தகைய வழிமுறைகளை அறிமுகப்படுத்தியதால் அதிகமான அபாயமான இடங்கள் நீக்கப்பட்டன. இந்த வழிமுறைகள் முழுவதாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட இடங்களில் மின்காயம் அரிதாகவே நிகழ்ந்தது.

11-4 முறைகள் மீறப்படுதல்

மின் பணியாளர்களின் தொழில் பயிற்சியானது, விவசாயம், பொதுப்பணி மற்றும் சில தொழிலகங்களில் மின்மயமாக்கலின் வேகமான வளர்ச்சியையொட்டி ஏற்பட்டுள்ள தேவைகளை ஈடுசெய்ய வில்லை. மேற்குறிப்பிட்ட செயல்பாட்டுகளங்கள் குறைந்த திறனுடைய பணியாளர்கள் மின்சாதனங்களைக் கையாளுவதற்கும் விதிமுறைகளை வெளிப்படையாக மீறுவதற்கும் அதிக உதாரணங்களைத் தருகின்றன. இந்த உதாரணங்கள் அறிவுரை பயக்கவல்லதாகையால் அவை கீழே வருணிக்கப்படுகின்றன.

1940ம் ஆண்டு மின் விபத்துக்களும் அவற்றைத் தவிர்க்கும் முறைகளைப் பற்றி எம். ஆவுடரிசன்கோ மற்றும் என். காவின் எழுதிய புத்தகம் வெளியிடப்பட்டது. அவ்வாசிரியர்கள் விபத்துக் களின் முக்கிய காரணம் விதிமுறைகளை மீறுதலே என்றூர்கள். இத்தகைய நேரடியான கூற்றை ஒப்புக்கொள்ள முடியாது. ஏனென்றல் இது முதலாளித்துவ நாடுகளில் நிலவிவரும் அதிகமான விபத்துக்களுக்குப் பாதிக்கப்பட்டவரே பொறுப்பு எனும் கருத்தோடு உடன்படுகிறது. உறுதியாக மின் விபத்துக்களின் காரணங்கள் மிகவும் சிக்கலானவை. இப்படிப்பட்ட நேரடித் தொடர்புகள் ஏதும் இல்லை. அதே நேரத்தில் நிர்வாகத்தை மட்டும் குறை கூறுதலும் தவறுதலாகும். கவனமின்மை பொறுப்பின்மை போன்ற விதிமுறைகளின் அடிப்படைத் தேவைகளை யும் மீறுகின்ற பண்பு இன்னும் உள்ளது. சில உதாரணங்களைக் கீழே பார்ப்போம்.

நிகழ்ச்சி ***11-1.*** தன்னுடைய வீட்டில் உள்ள மின்மாற்றியின் இருப்பிடத் திற்கு முகவர் கே. அவர்களிடம் ஒரு தானே தயாரித்த சாவி இருந்தது. அந்த முகவர் அதனுள் தனது சைக்கிளையும் சமயங்களில் தனது சொந்த சாமான்களையும் வைத்திருப்பார். அவரது மகன் அதைத் தெரிந்து கொண்டு தனது நண்பன் ஒருவருடன் சைக்கிளை எடுப்பதற்கு மின்மாற்றியின் இருப்பிடத்திற் குச் சென்றூர். விளையாட்டிற்காக அவர் ஒரு மெல்லிய கம்பியை இடையறுப்பியின் மீது போட முனைந்தார். உடனடியாக மின்சாரம் பாய்ந்து இறந்தார். அவரது நண்பர் கடுமையான கண் பாதிப்பு அடைந்தார். முகவர் கே. கடுமையாகக் குற்றம் சாட்டப்பட்டார். விதிமுறைகளின் மீறல்களை இங்கு பட்டியல் போட வேண்டிய தேவையில்லை.

நிகழ்ச்சி ***11-2.*** மின் பணியாளர் எல் (பெண்) உயர் அழுத்த சோதனை யமைப்பை மின் பகுதியோடு இணைத்தார். தனது உதவியாளர் இருந்த இடத்தை அவர் சரிபார்க்கவில்லை. மின் அழுத்தத்தை மின்மாற்றிக்குச் செலுத்தினர். உயர் அழுத்த பகுதியில் கம்பியமைப்பைச் சரிபார்த்துக் கொண்டிருந்த அவரது உதவியாளர் மின்காயத்தால் உயிரிழந்தார்.

நிகழ்ச்சி ***11-3.*** ஒரு 6 கிலோ வோல்ட் செலுத்தத் தொடருக்காக ஒரு மரத்தாங்கியை பீ என்பவரின் மேற்பார்வையில் ஒரு மின் பணியாளர் குழு எழுப்பத்துவங்கியது. காற்றினுல் தாங்கி கீழே விழுந்தது. மின்சாரம் இருந்ததா என்று அவர்கள் சரிபார்க்கவில்லை. தற்செயலான தீண்டுதலால் இரண்டு

பணியாளர்கள் காயமுற்றனர். இந்நிகழ்ச்சியிலும் முந்தைய நிகழ்ச்சிகளிலும் விதிமுறைகளின் மீறுதல் வெளிப்படையானவை.

யூ. கோப்பிடென் மற்றும் எல். வைன்ஸ்டீன் [33] அவர்களது கட்டுரைகளிலிருந்து சில நிகழ்ச்சிகள் கொடுக்கப்படுகின்றன.

நிகழ்ச்சி 11-4. 1967ல் கிரோவ் நகரில் ஒரு தலைமை மின் பணியாளர் ஒரு 6 கிலோ வோல்ட்டு மின்மாற்றி துணைமின் நிலையத்தின் பீங்கான் நுழைவாயிலைச் சுத்தம் செய்து கொண்டிருந்தார். அப்பொழுது அவர் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தொட்டு மின்சாரம் பாய்ந்து உயிரிழந்தார். இங்கு பலவிதமான மீறல்கள் காணப்பட்டன. வேலை பார்க்கும் அனுமதி பெறவில்லை; சொந்த பாதுகாப்பு சாதனங்களைப் பயன்படுத்தவில்லை; மேற்பார்வையில்லாமல் தனியாக வேலை பார்த்தார். இதைப்போன்ற மீறல்கள் கிரோவ் பகுதியில் அடிக்கடி நிகழும். தீண்டும் நிலைகள் மட்டும் மாறுபடக் கூடும். கையின் மூலமோ முடியின் மூலமோ சாதனங்கள் மூலமோ அவை நிகழக் கூடும்.

நிகழ்ச்சி 11-5. அதே 1967ம் ஆண்டு ஒரு கூட்டுறவு பண்ணையின் மின்சாரப் பொறியாளர் துணைமின் நிலையத்திலிருந்து ஒரு பழுதுபட்ட மின்மாற்றியை மின் இயக்கத்திலிருந்து விலக்க வேண்டியிருந்தது. துணைமின் நிலையத்தை நுழைந்தவுடன் அவர் திறந்த இடையறுப்பியின் செயலியை மூட மறந்து விட்டார். எச்சரிக்கை பலகையை மாட்டப்படவில்லை. அவரது ஊர்தி ஓட்டுனருக்கு அறிவுரைகள் கொடுக்கவில்லை. ஓட்டுனர் எந்தத் தேவையுமில்லாது ஏணியை நகர்த்தத் துவங்கினர். அதன் மூலம் இடையறுப்பியை மூடினர். அந்நேரம் மின் சட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருந்த பொறியாளர் மின்சாரம் பாய்ந்து உயிரிழந்தார்.

நிகழ்ச்சி 11-6. 1967ல் மாஸ்கோ பகுதியில் நான்காவது பாதுகாப்பு தரப்பிரிவு மின் பணியாளர் ஒருவரும் மூன்றாவது பிரிவு மின்பணியாளர் ஒருவரும் ஒரு 380/220 வோல்ட்டு பாதையைப் பழுதுபார்க்க அழைக்கப் பட்டனர். துணைமின் நிலையம் 460/380 வோல்ட்டு மூல கத்தி திறப்பானைத் திறந்தபிறகு மூன்றும் பிரிவு பணியாளர் கம்பத்தில் ஏறினர். அவ்வாறு செய்யும் பொழுது அவர் மின் அழுத்தம் இருக்கிறதா என்று சரிபார்க்கவில்லை. பாதையை நிலத்தோடு இணைக்கவில்லை; கையுறைகளை அணியவில்லை. அவர் வேலையைத் துவங்கியவுடனே மின்காயம் பட்டு விழுந்தார். புலனாய்வின் மூலம் அவ்வேலையானது துணைமின் நிலையம் 499ல் செய்யப்பட வேண்டியது; 460ல் அல்ல என்று தெரியவந்தது. மூத்த பணியாளருக்கு மின்னோட்டப் பாதை சரியாகத் தெரியவில்லை. மேற்பார்வையாளராக இருந்தும் பாதுகாப்பு விதிமுறைகள் மீறப்படுவதைக் காணத் தவறினர். வேலையிடத்தில் நடந்த அமைப்பில் பங்கு பெறவில்லை. இவற்றைத் தவிர அவர் மேலும் ஒருவிதி மீறலைச் செய்தால். பணியாளர் மின்னோட்டத்தால் காயப்பட்டிருப்பதைக் கண்டும் அவரைப் பாதுகாக்க நடவடிக்கைகள் எடுக்காமல் மின்பாதையிலிருந்து மின்சாரத்தை விலக்க மின் வழங்கு நிலையத்திற்குச் சென்றார்.

நிகழ்ச்சி 11-7. 1967ல் மாஸ்கோ பகுதியின் கட்டுமானத்தின் போது ஒரு மின்சார கடையின் தலைவரும் ஒரு மின்பணியாளரும் குடிபோதையில் ஒரு திறப்பான் இருக்குமிடத்திற்கு (வீ. எம். டி - 133) துண்டிப்புக்கள் போன்ற ஆரம்ப நடவடிக்கைகள் எடுக்காது பழுதுபார்ப்பதற்காகச் சென்றனர். விதி முறை மீறியவர் கடுமையான எரிபுண்களுக்கு ஆளானர்.

நிகழ்ச்சி **11-8. 1967**ல் மாஸ்கோவில் இரண்டு மின் பணியாளர்கள் 380/220 வோல்ட்டு தொழிற்சாலை தொகுப்பு பிரிவில் பயன்பட்ட தேவையற்ற மூடு வடத்தைப் பிரிக்கத் தொடங்கினர். அவர்கள் அனுமதி சீட்டு இல்லாமலும் மின்சாரத்தை விலக்காமலும் வேறு பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் எடுக்காமலும் வேலையைத் துவங்கினர். மின் பணியாளர்களில் ஒருவர் ஒரு 380 வோல்ட்டு சட்டத்தைத் தொட்டதின் விளைவாக உயிர் இழந்தார்.

மேலே குறிப்பிட்ட உதாரணங்கள் ஓராண்டில் ஒரு ஆறுமாத காலத்தில் இரண்டு பகுதிகளில் நிகழ்ந்தவை. துரதிருஷ்டவசமாக இத்தகைய உதாரணங்கள் எந்தக் காலத்திற்கும் பொருந்தும். இந்தப் பட்டியலைத் தொடர்ந்து கூறலாம். மின் அமைப்புக்களின் பயனீட்டின் போது பாதுகாப்பு முறைகளை வெளிப்படையாக மீறுதல் விவசாய மற்றும் பொதுப் பணி மூலங்களில் அதிகம் நடக்கிறது. இந்த உதாரணங்கள், அடிப்படை பாதுகாப்பு விதிகளைக் கடுமையாகக் கடைப்பிடிப்பதால் எவ்வாறு வேண்டுமென்றே தேடிப் பெறுகின்ற துன்பமும் இழப்புக்களும் தவிர்க்கப்படக் கூடும் என்று காட்டுகின்றன. இத்தகைய உதாரணங்களுடனே விதிமுறைகளின் முக்கியத்துவத்தை நன்கு உணர்ந்தவர்களால் எவ்வாறு அவை மீறப்பட்டன என்று விளக்குவது பயனளிக்கும். அத்தகைய நிகழ்ச்சிகளில் ஒன்று கீழே குறிப்பிடப்படுகிறது.

நிகழ்ச்சி **11-9**. 25 ஆண்டுகள் மின் சாதனங்களின் பராமரிப்பில் பணிபுரிந்த ஒரு மின் பணியாளர் ஒரு 10 கிலோவோல்ட்டு மாற்றி மின்நிலையம் முறை மாறியபோது அவரது பதில் பணியாளருடன் ஒரு உயர் அழுத்த சாதனத்தின் அறைக்குள் நுழைந்தார். அந்தச் சாதனம் அவரால்தான் சில மணி நேரங்களுக்கு முன் இயக்கி வைக்கப்பட்டது. அவரது உடன் பணியாளரை எச்சரிக்கை செய்வதற்காக சாதனத்தில் மின்சாரம் இருக்கிறது என்று கூறினர். அதை உறுதிப்படுத்துவதற்காக கையினை ஆட்டும்பொழுது தற்செயலாக ஒரு வெளியில் உள்ள மின் சட்டத்தைத் தொட நேர்ந்தது. உடனடியாக ஒரு ஒளிப்பொறி தோன்றியது. கடுமையான விளைவு நேரிட்டது.

கீழ்க்காணும் நிகழ்ச்சியும் அறிவுரை ஊட்டக் கூடியது:

நிகழ்ச்சி **11-10** ஒரு அனுபவமுள்ள பொறியாளர் பாதுகாப்பு இயலில் ஆசிரியர். முழுமையான நடவடிக்கைக்குப் பெயர் பெற்றவர். ஒரு உடல் மருத்துவ அதிவிரைவு அமைப்பினை நிறுவதற்கு முன் வந்தார். மின்சாரம் உள்ள சாதனத்திலேயே வேலை செய்யப்பட்டது. ஏனென்றால் அந்தப் பொறி யாளர் தனது கவனத்தின் மீது நம்பிக்கை வைத்திருந்தார். வேலையின் இரண்டாம் மணியில் பாதையில் உள்ள பழுதுகளால் மின்சாரம் பெற்ற முனைகளை அவர் தொட நேர்ந்தது. அவரது உதவியாளருக்கு முன்னால் அவர் மின்காயம் அடைந்தார். கடுமையான விளைவு நேர்ந்தது.

இங்கு என்ன நேரிட்டது? தரமுள்ள எச்சரிக்கையுள்ள மனிதர்களும் விதிகளை ஏன் மீறி துன்பப்படுகிறார்கள் என்பதன் காரணம் இன்னும் வெளிவரவில்லை. ஆனால் இவையெல்லாம் ஒரு முடிவினை தூண்டுகின்றன. ஒரு செயலை நிகழ்த்துவதற்கு விதிமுறைகளில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள மிகுதியான அறிவுரைகளை விமர்சன கண்கொண்டு பார்க்கவும் பராமரிப்பு பணியாளர்களுக்குத் தெரியவேண்டிய அடிப்படை

யான குறைந்த பட்ச விவரங்களை விஞ்ஞான ரீதியில் தெரிந்து எடுக்கவும் வேண்டிய காலம் வந்துவிட்டது. ஒவ்வொரு பராமரிப்பாளருக்கும் இந்த அடிப்படை விவரங்கள் கட்டாயமானவை. இந்த விவரங்களின் முக்கியதுவம் பற்றி ஒவ்வொருவரும் முழுவதும் அறிந்திருக்க வேண்டும். கீழ்நிலை பணியாளர்களிடமும் இதுபற்றிய முழு அறிவு தேவைப்படுகிறது. ஆனால் விதிமுறைகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி மின்சாரத்தைப் பயன்படுத்தும் ஒவ்வொருவருக்கும் தெரிந்திருக்க வேண்டும். இந்தப் பொது விதிகளின் அளவு தீவிரமான விரிவான ஆராய்ச்சியின் பயனுகத் தெரிந்தெடுக்கப்பட வேண்டும். பல்வேறு பாதுகாப்பு விதிமுறைகளையொட்டி விஞ்ஞான ரீதியான தொழிலாளர் அமைப்பு முறைகளை விவரிப்பதற்கு இதுவே தருணம்.

விதிமுறைகளில் உள்ள கட்டாய ஆவணங்களைப் பிரித்து ஒரு பணியாளரின் அடிப்படை செயல்பாட்டினை குறிக்க வேண்டியது அவசியம். இவை விதிமுறைகளில் காணும் குறிப்பு பொருட்களில் இருந்தும் பொது விதிமுறை விவரங்களைக் கொண்ட குறிப்பு ஏடுகளில் இருந்தும் பெறப்படலாம். கட்டாய குறிப்பு விவரங்களும் நியம விவரங்களும் நெருக்கமாக ஒருங்கிணைக்கப்பட வேண்டும். அறிவியல் ரீதியிலான நிர்வாகத்தை வளர்க்கின்ற அடிப்படை ஆவணங்களாக விதிமுறைகள் பயன்படுவதற்கு இவையே பொதுக் கருத்துக்கள் ஆகும்.

பல்வேறு விதிமுறைகளின் பொதுத் தன்மையையும் (முக்கிய பகுதிகளின் தொகுப்பு பிரிவுகளின் பெயர்கள் பற்றி) மற்றும் வெளியிடப்பட்டுள்ள பொருட்களின் ஒருமுகமான தொகுப்புக்களும் அதிகப் பயன்விளைவிக்கும் அடிப்படை விஷயங்களுக்கும் துணைப் பொருட்களுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு அறிவுபூர்வமாகத் தெரிந்தெடுக்கப்பட வேண்டும். விதிமுறைகளை ஒருமுகப்படுத்தவும் படிப்பதற்கும் புரிந்து கொள்வதற்கும் எளிதாக்கவும் இன்னும் அதிகமான நடவடிக்கைகள் எடுக்கப்பட வேண்டும்.

11-5 மனித பாதுகாப்பு

மின் சாதனத்தை பயன்படுத்தும் ஒரு பணியாளர் அதன் மின் சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தொடக்கூடும். இந்தக் காரணி அபாய அழுத்தம் தோன்றக் கூடிய சாத்தியக்கூறை நீக்குவதற்கு நடவடிக்கைகள் எடுப்பது மட்டுமில்லாமல் மனிதனுக்கு நேரடி பாதுகாப்பின் தேவையையும் உறுதிப்படுத்துகிறது. மனித பாதுகாப்பு சாதனங்களில் முக்கிய நோக்கம் இதுவே ஆகும். பாதுகாப்பு சாதனங்களைக் கையாளுவது 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அமைப்புக்களில் உள்ள அபாயங்களைக் குறைக்கிறது. மற்றும் 1,000 வோல்ட்டு வரையுள்ள அமைப்புக்களில் அபாயங்களை முற்றிலும் நீக்குகிறது. ஆகவே தற்பாதுகாப்பு கருவிகளைத் திறமையோடு கையாளுவது

மின் பாதுகாப்பை வளர்ப்பதற்கு ஒரு முக்கிய கருவியாகும். தற்பாதுகாப்பு கருவிகள் பல ஆண்டுகளாக உள்ளன. மின் சாதனங்களில் காப்பீடு தற்போது உள்ளது போல் அதிக வலு பெருத மின்சார பொறி இயலின் ஆரம்ப கட்டங்களில் அவை மிகவும் பயன்படுத்தப்பட்டன. இப்பாதுகாப்பு வசதிகள் கட்டாய அலுவலக ஆவணங்களிலும் பத்திரிக்கைகளிலும் வரையறுக்கப் படாதது வருந்தத்தக்கது.

விதிமுறைகளில் (63) பாதுகாப்பு சாதனங்கள் கீழ்காணுமாறு வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. 'மின் சாதனங்களில் வேலை பார்க்கும் வழக்கமாக மின்சாரம் உள்ள பகுதிகளுக்கு அருகில் அல்லது நெருங்கி வேலை செய்யும் பணியாளர்களை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னோட்ட ஒளிப் பொறியிலிருந்து பாதுகாப்பதற்குப் பயன்படுத் தப்படும் முறைகள் கருவிகள் மற்றும் எடுத்துச் செல்லும் சாதனங்கள் ஆகியவை பாதுகாப்பு சாதனங்கள் என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன.'

மேலும் விதிமுறைகளின் அதே பிரிவு பாதுகாப்பு வசதிகளை வரிசைப்படுத்தி அவற்றின் வகுபாட்டையும் காட்டுகிறது. இது மேலே குறிப்பிட்ட வரையறையின் பலவீனத்தைக் குறிக்கிறது. அவற்றில் சிலவற்றை இங்கு விவாதிப்போம். கையுறைகள் ரப்பர் காரணிகள் மற்றும் ரப்பர் விரிப்புக்கள் போன்றவை சுய பாதுகாப்பு முறைகளாக இருந்தாலும் உபாயங்களாகவோ எடுத்துச் செல்லும் சாதனங்களாகவோ குறிப்பிட முடியாது. இவற்றை வேலை ஆடை களுடன் சேர்த்து குறிப்பிடுவது சரியாக இருக்கும். நீரில் மூழ்குவோரின் நீர்புகா அணியும் விமான ஓட்டிகளின் அதி உயர அணியும் இத்தகையவையே. வேறு வார்த்தைகளில் கூறினல் வேலை ஆடைகள் இல்லாமல் ஒரு வேலையைச் செய்வது இயலாதது. இந்த வகுபாடு மிக முக்கியம். ஏனென்றால் மின் பணியாளர்கள் பயன்படுத்தும் பாதுகாப்பு ஆடைகளுக்கு இது முக்கியத்துவம் கொடுக்கிறது.

கடத்தாமை கைப்பிடிகள் கொண்ட கருவிகள் மற்றும் பல்வேறு எரியிழை எடுப்பான்கள் இவற்றையெல்லாம் இரட்டைக் காப்பீடு கொண்டு எடுத்துச் செல்லும் கருவிகள் என்பன போன்று குறிப்பிட வேண்டும். வெளிப்படையாகவே இன்றைய வரையறைகளில் இத் தகைய திருத்தங்கள் பொருத்தமானவை. விதிமுறைகளை மீண்டும் திருத்திப் பதிப்பிடும்பொழுது இவை கருதப்படும் என்று நம்பலாம். ஆனாலும் விதிமுறைகளில் அடங்கியுள்ள பாதுகாப்பு சாதனங்களின் பட்டியல் அவ்வாறு குறிப்பிடப்பட வேண்டிய பொருள்களின் சரியான காட்சியைத் தருகிறது. பாதுகாப்பு சாதனங்கள் நான்கு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன.

முதலாவது பிரிவு ஒரு மனிதனை மின்சாரம் பாயும் பொருட்களை நேரடியாகத் தீண்டும் சாத்தியக்கூறில் இருந்து பாதுகாக்கும் கூடுதலான காப்பீட்டைக் கொடுக்கும் காப்பீட்டுப் பாதுகாப்பு சாதனங்களாகும்.

இந்தப் பிரிவு வேலை ஆடைகளின் காப்புப் பொருட்களையும் கையுறைகள் ரப்பர் மேல் காலுறைகள் மற்றும் தனிப்பட்ட கடத்தா பொருட்கள் கொண்ட கருவிகளையும் அடக்கியுள்ளது.

இரண்டாம் பிரிவு சாதனத்தில் மின் அழுத்தம் உள்ளதைக் குறிப்பிடுகின்ற (அழுத்தம் காட்டியல்) மற்றும் ஒரு மின்னோட்டப் பாதையில் மின்னோட்டம் செல்வதைக் குறிப்பிடுகின்ற குறியீட்டு கருவிகள் கொண்டது.

மூன்றாவது பிரிவு பாதுகாப்பு சாதனங்கள் என்று பொருத்தமாகக் குறிப்பிடக் கூடிய வகைகளைக் கொண்டது. இவைகள்தாம் எடுத்துச் செல்லும் பாதுகாப்பு தரை இணைப்பு உபாயங்கள் மற்றும் காப்புப் பொருள் கொண்ட தாங்கிகள் போன்றவை. விதிமுறைகளின்படி எச்சரிக்கை பலகைகளும் , அந்தப் பிரிவில் அடங்கும். ஆனால் இவற்றை அமைப்பு நடவடிக்கைகளில் வகுபடுத்தல் சரியென்று நாம் கருதுகிறோம்.

இறுதியாக நான்காவது பிரிவு மின் விபத்துக்களோடு நேரடி தொடர்பு இல்லாத பாதுகாப்பு சாதனங்களைக் குறிப்பிடுகிறது. அவை பாதுகாப்பு கண்ணாடிகள் தலையுறைகள் வாயுக்கூடுகள் போன்றவை.

அடுத்துவரும் விதிமுறைகளின் திருத்தம் வகுபாட்டை எளிமைப் படுத்த வேண்டியதின் தேவையைக் கருத வேண்டும். நமது கருத்தில் எல்லாத் தற்பாதுகாப்பு சாதனங்களையும் கருவிகள் குறியீடுகள் காப்பு சாதனங்கள் அமைப்பு முறைகள் மற்றும் வேலை ஆடைகள் என்று வகைபாடு செய்வது எளிதானது மற்றும் அறிவு பூர்வமானது.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து மின்சாரம் உள்ள சாதனத்தில் பயன் படுத்துவதற்கான கருவி பாதுகாப்பு சாதனம் முழுவதும் கடத்தாமை செய்யப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்பது வெளிப்படை. அவற்றிற்குத் தேவையான மின் இயல்பியல் பண்புகள் அதிக வெளிப்புற மற்றும் குறிப்புத் தடைத்திறன்கள் உயர்ந்த முறிவு அழுத்தம் குறைந்த கொண்ம இழப்புக் கோணம் இருக்க வேண்டும்.

பாதுகாப்பு வேலை ஆடைகளும் எந்த மின் அழுத்தத்தில் பயன்படுவதற்காக அவை செய்யப்படுகின்றனவோ அதற்குத் தேவை யான கடத்தா பண்புகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். விதிமுறைகளில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள சோதனை அழுத்தம் இயக்க அழுத்தத்தோடு ஒப்பிடப்படக் கூடாது. ஏனென்றால் 1, 000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அழுத்தங்களில் பயன்படுத்தப்படும் பொழுதே பாதுகாப்பு ஆடைகள் பலன்தரும். உரிய மின்சாதன காப்பு அலகுகள் கூறுகின்ற காப்பீட்டு வசதிகளோடு கூடுதலாகவே இந்தப் பாதுகாப்பு ஆடைகள் பயன் படுத்தப்பட வேண்டும் என்பது இயல்பே. முக்கியமாக இந்தக் காப்பீடு குறிப்பீட்டுக் கருவிகள் கம்புகள் இவற்றைக் குறிப்பிடுகின்றது. பாதுகாப்பு சாதன்ங்களையும் ஆடைகளையும் உற்பத்தி செய்வதற்கான கடத்தா பொருட்களை விதிமுறைகள் குறிப்பிடுகின்றன. ஆனாலும்

காப்பீட்டின் நவீன வளர்ச்சியோடு பார்க்கும் பொழுது விதிமுறைகளில் விவரங்கள் பின்தங்கி விடுகின்றன. இந்த உண்மை பத்தி 8-2ல் வலியுறுத்தப்பட்டது. 1964, 1965ல் அனைத்துச் சங்க ரப்பர் ஆராய்ச்சி கழகம் லேட்டக்ஸால் செய்யப்பட்ட அணிவதற்கு எளிதான பயன்படுத்துவதற்குச் சௌகரியமான கையுறைகளை வடிவமைத்து உற்பத்தி செய்தது. பின்னர் உருகிய ரப்பரால் கையுறைகள் தயாரிக்கப்பட்டன. லெனின்கிராடு மின் அமைப்பின் கம்பி வட இணைப்புத் தொகுயின் பணியாளர்கள் இத்தகைய பாதுகாப்பு ஆடைகளைக் கையுறைகளைச் சோதித்த் பொழுது பணியாற்றினார்கள். அவற்றின் அலகுகளில் சில மாதிரிகளைச் சரிபார்த்த பொழுது கையுறைகள் போதுமான தரம் கொண்டவையாகக் காணப்பட்டன.

படம் 11-1ல் வார்க்கப்பட்ட ரப்பர் கையுறையும் ஒட்டப்பட்ட கைஉறையும் காட்டப்பட்டுள்ளன. முதலாவது பயன்படுத்துவதற்கு எளிதானது. இத்தகைய கையுறைகளைப் பயன்படுத்துவது 1,000 வோல்ட்டிற்கு வரையுள்ள அழுத்தத்தில் செய்யப்படும் இயக்கங்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரிக்க உதவுகிறது. படம் 11-2 லெனின்கிராடு மின் அமைப்பில் கம்பிவட இணைப்பு சாலையில் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ள பாதுகாப்பு கண் மறைப்பானை காட்டுகிறது. மின் பணியாளர்களின் மத்தியில் இது மிகவும் விரும்பப்படுவதாகும்.

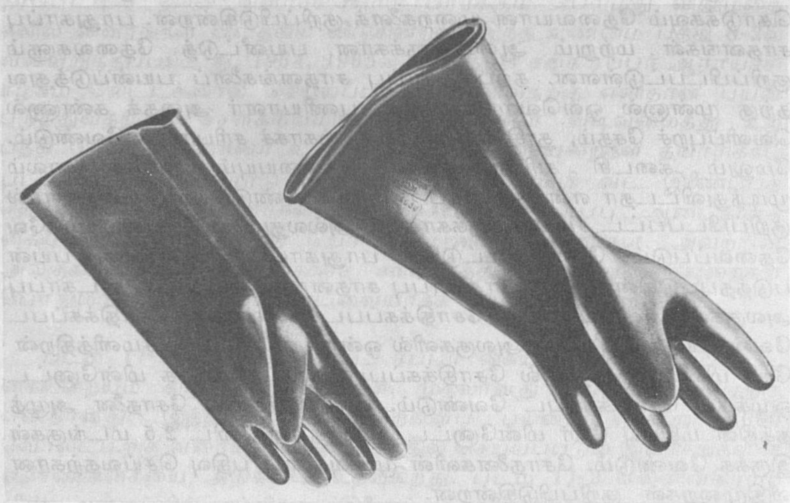
பாதுகாப்பு சாதனங்களின் அதிக வகைகளும் பல்வேறு பாதுகாப்பு திறன்களும் அவற்றைத் தொழிலகங்கள் தொழிற்சாலைகள் குழுக்கள் குழு உறுப்பினர்கள் ஆகியோரின் மத்தியில் நல்லவிதத்தில் பிரித்து வழங்க வேண்டியதன் அவசியத்தைக் காட்டுகின்றன. பாதுகாப்பு சாதனங்களின் பங்கீட்டு வழங்கிடுதல் தலைமைப் பொறியாளரின் பொதுப் பொறுப்பு ஆகும். குழுக்கள் மற்றும் தொழில் இடங்களைப் பொருத்தவரையில் அந்தத் துறை மற்றும் சோதனைச்சாலையின் மேற்பார்வையாளர்களது பொறுப்பு ஆகும். பாதுகாப்பு சாதனங்களின் முழுப் பகுதியும் இந்தக் குறிப்பிட்ட தொழிற் செயல்பாட்டிற்குத் தேவையான வேலைகளுக்கு உகந்த பொருள்களை மட்டும் கொண்டே அமைய வேண்டும். உதாரணமாக ஒரு எடுத்துச் செல்லும் பாதுகாப்பு தரை இணைப்பு முறை வழங்கு முறைகளுக்குக் கிடைக்கக்கூடிய பாதுகாப்பு சாதனங்களின் ஒரு பகுதியாக அமைய வேண்டும். அது 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழுள்ள அமைப்புக்களிலும் மூலங்களிலும் பராமரிப்பில் ஈடுபட்டுள்ள தொழிற்சாலை பணியாளர்களுக்குத் தேவையில்லை. தொழிற்சாலையின் வேலைபார்க்கும் பணியாளர்கள் மனித கட்டுப்பாட்டுக்கு உட்பட்ட துவக்கிச் சாதனத்தில் பணியாற்றும்பொழுது எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் கையுறைகளையும் ரப்பர் கால் மேலுறைகளையும் அணிய வேண்டும். எந்த மின் அழுத்தமாக இருந்தாலும் வெளி துணைமின் நிலையங்களில் காப்புக் காலணிகளை அணிந்தவர்களே அனுமதிக்கப்பட வேண்டும். விதிமுறைகள் [62,65,97]

சுயபாதுகாப்பு சாதனங்களைக் கணக்கு வைக்கவும், பாதுகாக்கவும் கொடுக்கவும் தேவையான முறைகளைக் குறிப்பிடுகின்றன. பாதுகாப்பு சாதனங்கள் மற்றும் ஆடைகளுக்கான பயனீட்டுத் தேவைகளும் குறிப்பிடபட்டுள்ளன. தற்பாதுகாப்பு சாதனங்களைப் பயன்படுத்துவ தற்கு முன்னல் ஒவ்வொருமுறையும் பணியாளர் அதைக் கண்ணல் வெளிப்புறச் சேதம், தூசி மற்றும் ஈரத்திற்காகச் சரிபார்க்க வேண்டும். மேலும் கடைசி சரிபார்த்தலின் தேதியையும் அந்தக் காலம் முடிந்துவிட்டதா என்பதற்காகப் பார்க்க வேண்டும். விதிமுறைகளால் குறிப்பிடப்பட்ட சமயங்களுக்காகவும் அல்லது வெளிப்படையாகவே தேவைப்படும் போது மட்டுமே பாதுகாப்பு சாதனங்கள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன். தற்பாதுகாப்பு சாதனங்களின் அடிப்படைகாப்பு அலகுகள் அவ்வப்போது சோதிக்கப்பட வேண்டும். சோதிக்கப்பட வேண்டிய அடிப்படை அலகுகளில் ஒன்று காப்பீட்டின் சமனித்திறன் நேர் மின்னேட்டத்தால் சோதிக்கப்பட்டால் கூடுதலாக மின்னேட்ட ஒழுக்கும் சோதிக்கப்பட வேண்டும். இந்நிகழ்ச்சியில் சோதனை அழுத் தத்தின் மதிப்பு நேர் மின்னேட்ட அழுத்தத்தை விட 2.5 மடங்குகள் இருக்க வேண்டும். சோதனைகளின் முடிவுகளைப் பதிவு செய்வதற்கான விதிமுறைகள் குறிப்பிடுகின்றன.

காப்பீட்டு கம்பிகளின் இயந்திரவியல் சோதனை அவற்றின் உற்பத்திக்குப் பின்னரோ முழுமை சரிபார்ப்பிற்குப் பின்னரோ செய் யப்பட வேண்டும். காப்பிட்ட கம்பிகளுக்கான மின் சோதனைகள் ஆண் டொன்றிற்கு ஒரு முறையும் அளவீடுகளின்போது மூன்று மாதங் களுக்கு ஒரு முறையும் செய்யப்பட வேண்டும். அதிக அளவு மின் வழங்கு இணைப்பு தொகுதிகள் கொண்ட மின் அமைப்புகளிலும் தொழிலகங்களிலும் இச்சோதனைகள் மின்நுட்ப சோதனைச்சாலைகளில் பணியாளர்களால் செய்யப்படுகின்றன.

சிறிய தொழிற்சாலைகளிலும் பொதுப் பணி அகங்களிலும் தற்பாதுகாப்பு சாதனங்களை உயர்ந்த அழுத்தத்தில் சோதிப்பது கடினம். இத்தகைய சோதனைகளை நடத்துவதற்கு மையச் செயல் பாட்டிற்கான சிறப்பு நிறுவனங்களை அமைப்பது அவசரத் தேவை யாகும். சில மின் அமைப்புக்களின் அனுபவம் இந்தப் பிரசினை தீர்க்கக்கூடியதே என்று தெளிவாகக் காட்டுகிறது. துரதிஷ்டவசமாக இங்கு முன்னேற்றம் குறைவாகவே இருக்கிறது.

சில தொழிலகங்களில் தற்பாதுகாப்பு சாதனங்கள் கட்டுமான மற்றும் நிர்மாணத் துறையினரின் சரியமைப்பு நிறுவனங்களால் செய்யப்படுகிறது. ஆனல் இது முறையானதல்ல. எடுத்துச் செல்லும் சோதனைக் கருவிகளை உற்பத்தி செய்து எங்கெங்கு தற்பாதுகாப்பு சாதனங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றனவோ அங்கெல்லாம் இந்தச் சோதனைகளுக்கு ஏற்பாடு செய்தல் நன்மை பயக்கும். மின் வழங்கு அமைப்புக்களின் சோதனைச்சாலைகளில் இத்தகைய சோதனை சாதனங்களை எளிதில் வடிவமைக்க முடியும். மின்மாற்றி பழுதுபார்க்கும் தொழிற்சாலை



படம். 11-1. காப்பிட்ட கையுறைகள்

படம். 11-2. பாதுகாப்பு கண மறைப்பான்

களிலோ அல்லது எந்த மின்சார பொறியியல் தொழிலகத்திலோ இவற்றை உற்பத்தி செய்ய முடியும்.

நாம் தற்பாதுகாப்பு சாதனங்களில் முக்கியமான சிலவற்றைக் கருதியுள்ளோம். இந்தப் பொருளின் விரிவான விவரங்களுக்கு வாசகர்கள் பீ. டோலின் [31] அவர்களது நூலைப் பார்க்கலாம். மேற்கூறிய கருத்து மின்சாதனங்களின் நம்பகமான மற்றும் பாது காப்பான பராமரிப்பிற்கு இந்தச் சாதனங்கள் எவ்வளவு முக்கிய மானவை என்று காட்டுகிறது. அதே நேரத்தில் இந்தச் சாதனங்களை வகைப் படுத்தலிலும் உற்பத்தி செய்தலிலும் உள்ள முக்கியமான குறைபாடுகளும் வெளிவந்துள்ளன. ஆகவே மேலே கூறிய பாது காப்பு சாதனங்களோடு வேறுவகையான பாதுகாப்பு சாதனங்களை யும் பயன்படுத்த வேண்டும். முதலாவதாகக் தற்போதைய விதி முறைகளின்படி மின் அழுத்தத்தைச் சுட்டிக்காட்டும் அதாவது அபாயங்களைப்பற்றி எச்சரிக்கும் கருவிகளுக்கும் உபாயங்களுக்கும் இது பொருந்தும்.

11-6. மின் அழுத்தம் குறிக்கும் கருவிகள்

ஒரு மின்பொறி தோன்ருது இருந்தால் ஒரு மனிதனுல் மின் அழுத்தத்தின் நேரடி அபாயத்தை உணரமுடியாது. சாதாரண இயக்கங்களின்போது மின்சாரம் செல்லும் பகுதிகளும் உள்ள அழுத்தத்தையும் முறிவின்போது மின்சாரம் செல்லா பகுதியில் தோன்றும் அழுத்தத்தையும் ஒரு சமிக்ஞையாலோ ஒரு கருவிக் குறியீட்டினுலோ குறிப்பிடலாம். ஆகவே அபாய அழுத்தத்தை உடனடியாகக் குறிப்பிடுதல் ஒரு முக்கிய பாதுகாப்பு வலுவாகும். அழுத்தக் குறிப்பீடானது சரியான உற்பத்தி மாற்றல் அனுப்புதல் மற்றும் மின் சக்தியைப் பயன்படுத்தல் ஆகியவற்றிற்கு முக்கியமா னது. இவ்வகையான குறியீடு கட்டுப்பாட்டுப் பலகையில் உள்ள அல்லது உற்பத்தி சாதனங்களிலோ அந்த இடத்திலேயோ உள்ள கருவிகளால் காட்டப்படுகின்றது.

இதைத் தவிர வேறுவகையான சமிக்ஞையும் தேவைப்படுகிறது. அதாவது மின் அழுத்தம் இருக்கிறது என்பதைச் சாதனத்தில் உள்ள கருவிகளின் துணையை நாடாது குறிப்பிடும் வசதிகள். இத்தகைய கருவிகளும் முறைகளும் விதிமுறைகளில் சுய பாதுகாப்பு சாதனங் களோடு குறிப்பிடப்படுகின்றன. பாதுகாப்பு நோக்கைப் பொறுத்த மட்டில் மின் அழுத்தம் உள்ளதா இல்லையா என்று தெரிந்து கொண்டால் போதும். ஒரு விதியாகவே அளக்கவேண்டிய அழுத்த அலகுகளும் தெரியவருகின்றன. ஏனென்றுல் தெரிந்த அலகுகளை உடைய ஒரு குறிப்பிட்ட சாதனத்திற்காக நாம் குறியீட்டு கருவியை அமைக்கிறோம். ஆகவே கேள்வியில் உள்ள குறியீட்டு வசதிகள் மின் அழுத்தக் குறியீடுகளாகச் செயல்படுகின்றன. மின் அழுத்த குறியீடுகள் வெகுநாட்களுக்கு முன்னர் பயன்படத் துவங்கின. ஆனுல் 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலும் கீழும் உள்ள அழுத்தங்களில்

பயன்படுத்தக்கூடிய குறியீட்டுக் கருவிகள் குறைவானவையே. அவற்றின் உற்பத்தி குறிப்பாக 1,000 வோல்ட்டு வரையுள்ள மூலங்களுக்குத் தேவையானது போதுமானதல்ல. இவற்றின் தேவைகள் மின் வழங்கு அமைப்புக்களிலும் பெரிய தொழிலகங்களிலும் உள்ள சோதனைச்சாலைகளிலும் தொழிற்சாலைகளிலும் தயார் செய்வதன் மூலம் பூர்த்தி செய்யப்படுகின்றன. பீ. டோலின் [22] அவர்களால் மின் அழுத்தக் குறிகாட்டிகள் வருணிக்கப்பட்டன. மிக முழுமையான வருணனை வீ. கோசுலாவ் அவர்களால் இந்தப் பொருள் பற்றிய அவரது வெளியீட்டில் [32] காணலாம். இந் நூலாசிரியராலும் வீ. கோசுலாவ் அவர்களாலும் அளிக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

மின் அழுத்தக் குறிகாட்டிகள் அவை குறிப்பிட வேண்டிய அழுத்தங்களையொட்டி இரு பிரிவுகளில்அடங்கும். முதல் பிரிவு 1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள அழுத்தங்களுக்கான குறி காட்டிகளையும் இரண்டாம் பிரிவு 1,000 வோல்ட்டிற்குக் கீழ் உள்ளவற்றையும் கொண்டுள்ளன. முதலாம் வகைக்கருவிகள் அவற்றின் இயற்கை கோட்பாட்டையொட்டி மேலும் மூன்று பிரிவுகளாக ஒதுக்கப்படுகிறது (1) கொண்ம மின்னேட்ட கோட்பாட்டில் இயங்கும் குறிகாட்டிகள், (2) மின்புல கோட்பாட்டில் இயங்கும் குறிகாட்டிகள், (3) கருவி முனைகளில் மின்சாரம் வெளியிடப்படும்பொழுது உருவாகும் தூண்டல் திறன்களையொட்டிப் பயன்படும் குறிகாட்டிகள்.

கொண்ம அழுத்த குறிகாட்டிகள் விரிவாகப் பயன்படுகின்றன. இது 1930ம் ஆண்டுகளில் ஜெர்மன் நாட்டுப் பேராசிரியர் ஜிப் என்பவரால் அமைக்கப்பட்டது. இதன் உற்பத்தியைத் தன்னகத்தே கொண்ட தொழிலகம் இந்தக் கருவிகளைச் சோவியத் யூனியன் உள்ளிட்ட பல நாடுகளுக்கு வழங்குகிறது. 30ம் ஆண்டுகளில் துவக்கத்தில் லெனின்கிராடு மின் வழங்கு அமைப்பின் பொறியாளர்களால் கொண்மி குறிகாட்டிகளில் ஒரு தனிப்பட்ட வடிவமைப்பு கருதப்பட்டது. ஏ. டேவிடோவ் மற்றும் ஜி. விஸ்டோர்ம்பர்க் எனும் அப்பொறியாளர்களின் வடிவமைப்பின் படியான குறிகாட்டிகள் லெனின்கிராடு மின் வழங்கு அமைப்பின் தொழிற்சாலைகளின் பல ஆண்டுகளாக உற்பத்தி செய்யப்பட்டன. அவை லெனின்கிராடு தொழில் எல்லைக்கு அப்பாலும் வழங்கப்பட்டன. இந்தக் குறிகாட்டி இயங்கும் கோட்பாட்டை இப்பொழுது விவாதிப்போம்.

மின்சாரம் ஓடும் பகுதியில் அமைகின்ற மின் புலத்தின் செயல் பாட்டினுல் குறிகாட்டியின் சமனிகள் மின் சக்தியை ஏற்கின்றன. இந்த ஏற்பு மின்னேட்டம் நியான் குழாயை ஒளிரச் செய்கிறது. நியான் குழாயின் ஒளி குழாயின் உள்ள ஒரு துளையினுல் தெரிய வருகிறது. இந்த ஒளியை அதிகரிக்க மின்சாரம் பாயும் பகுதி ஒரு

பொருளினுல் தொடப்பட வேண்டும். நேர் மின்னேட்டத்தைச் சரிபார்த்தபொழுது இத்தகைய தூண்டுதலாலேயே ஒளி ஏற்பட்டது.

இவ்வகை கொண்மி குறிகாட்டியின் மின்னேட்டப் பாதை மாறுதல்களுக்கு உள்ளானது. உயர் அழுத்த குறிகாட்டிகளுக்காகவே தனியாகத் தயாரிக்கப்பட்ட சிறிய அளவு ஒளி காட்டும் மின்னேட்டத்தை, மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவில் கட்டுப்படுத்தும் நியான் குழாய்கள் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட பின்னர் கொண்மி மற்றொரு தகட்டை நிலத்தோடு இணைப்பது தேவைப்படவில்லை. 20 மற்றும் 35 கிலோ வோல்ட்டைக் கொண்ட மின் அமைப்புக்களில் கொண்மியைப் பயன்படுத்துவது நீக்கப்பட்டது. ஏனென்றால் அந்தக் குழாயின் அடித்தளத்திற்கும் நிலத்திற்கும் இடையேயுள்ள கொண்மத்தால் உண்டான மின்னேட்டத்தில் குழாய் ஒளி காணப்பட்டது.

YBH-80 எனும் தொழிலியல் மின் அழுத்தக் குறிகாட்டி 2-10 கிலோவோல்ட் வரையுள்ள உட்புற மின் அமைப்புக்களில் மின் அழுத்தம் இருப்பதைச் சரிபார்க்க வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த வடிவமைப்பு முன்னர் கூறியதைவிட அடிப்படையில் மாறுபடவில்லை. உறுதியான தீண்டுதல் ஏற்படுவதற்குக் குறிகாட்டியில் ஒரு வளை வடிவத்திலான முனை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. நன்கு தெரிகின்ற குறிகாட்டியின் ஒளி அதிக பட்சம் 800 வோல்ட்டைக் குறிக்கிறது. வழக்கமாக இந்த அழுத்தம் 500-550 வோல்ட் வரை இருக்கக் கூடும்.

YBH-90 குறிகாட்டி உட்புற மின் அமைப்புக்களுக்காகவும் 35 மற்றும் 110 கிலோவோல்ட் மூலகங்களுக்காகவும் சற்று மாறுபட்ட விதத்தில் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தக் குறிகாட்டி ஒரு குறி காட்டும் பொருளையும் ஒரு தொலை பார்க்கும் காப்பிட்ட கம்பையும் கொண்டுள்ளது. குறிகாட்டியானது ஒரு ஒளிரும் நியான் குழாயும் கொண்ட ஒரு குட்டையான பேகலைட் உருளையாகும். குழாயின் மேல்முனை ஒரு மூடியால் அடைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மூலம் உலோகத் தூண்டுதல் செல்லக்கூடும். கீழ்முனை இயக்குபவர் குழாயின் ஒளியைக் காண்பதற்காகத் திறந்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. நியான் குழாயின் ஒரு முனை ஒரு உலோகத் தூண்டுகோலுடன் ஒரு சிறிய பொறி வெளியின் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றொரு முனை குறிகாட்டியின் அடிப்பகுதியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றொரு முனை குறிகாட்டியின் அடிப்பகுதியில் இணைக்கப்பட்டுள்ள உலோக தகட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. குறிகாட்டியானது காப்பிட்ட கம்பின் மேல் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அப்பொழுது இந்தத் தகடு குழாய் கொண்மியுடைய தகட்டுடன் இணைக்கப்படுகிறது. காப்பிட்ட கம்புதான் குழாய் கொண்மமாகும். மின்சாரம் பாயும் பகுதிகள் குறிகாட்டியின் தூண்டுகோலால் தொடப்படும்பொழுது குறிகாட்டியின் நியான் குழாய் அதன் மூலம் செல்லும் மின்னேட்டத்தால் ஒளிருகிறது. இந்த மின்னேட்டமானது சமனித் தகடு நிலத்தோடு கொண்டுள்ள கொண்மத்தால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

110-220 கிலோவோல்ட்டு அளவுள்ள அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தும் வெளிப்புறத் துணைமின் நிலையங்களும் மேல்நிலை மின்பாதைகளும் மாஸ்கோ மின் வழங்கு அமைப்பு சோதனைச்சாலைகளில் வடிவமைக்கப்பட்ட மின் அழுத்தக் குறிகாட்டியைப் பயன்படுத்துகின்றன. இதன் அளவு 155 × 110 × 60 மில்லி மீட்டர். இந்தக் குறிகாட்டி காப்பிட்ட கம்பியின் செயல்படும் முனையோடு இணைக்கப்படுகிறது. தேவையான அழுத்தங்களுக்காக அது வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தக் குறிகாட்டி இயங்கும் கோட்பாடு முன்னால் கூறியதைப் போன்றதே. மின் அழுத்தம் இருப்பது நியான் குழாயின் (NH_3) ஒளியினால் காணப்படும். அதன் ஒரு முனை ஒரு சிறு (1.5 மில்லி மீட்டர்) பொறி வெளியின் மூலம் குறிகாட்டியின் தூண்டு கோலோடு இணைக்கப்படுகிறது. மறுமுனை ஒரு உலோக தாங்கியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தாங்கியும் கம்பும் நன்கு இணைக்கப்பட்டதனால் சமனியின் ஒரு தகடாகச் செயல்படுகின்றன. அந்தச் சமனியின் தன்மையே குழாயின் மூலம் ஓடும் மின்னோட்டத்தையும் அதன் ஒளியையும் நிர்ணயிக்கிறது. இந்தச் சமனியின் மற்றொரு தகடு நிலமாகும். குழாயின் கீழுள்ள திறந்த முனையின் மூலம் ஒளியைக் காண முடியும்.

கொண்ம மின்னோட்டங்கள் பாய்வதைத் தமது இயக்கத்திற்குத் தேவையாகக் கொண்டிருக்கும் மேற்கூறிய குறிகாட்டிகளின் குறைபாடுகள் பின்வருமாறு:

1. மின் அழுத்தத்தின் தோற்றத்தை நிர்ணயிப்பதற்காக மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளுக்கு மிக அருகில் செயல்படுவது.
2. குறிகாட்டி செயல்படக்கூடிய குறைந்த அழுத்த எல்லைகள். (மின் அமைப்புக்கள் குறிகாட்டி இயங்கும் எல்லைக்கு உட்பட்ட அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தினால் மின் அழுத்தம் உள்ள குறி தோன்றாது. அதனால் விபத்தோ முறிவோ நேரிடலாம்.)
3. வெளிப்புற பகுதிகளில் மழை மற்றும் பனி போன்றவற்றின் மத்தியில் இவற்றைப் பயன்படுத்துவது அபாயம் விளைவிக்கும். ஏனென்றால் இக்குறிகாட்டியின் கடத்தாப் பகுதி கடத்தத் துவங்கலாம்.
4. நம்பகத் தன்மை போதுமான அளவு இல்லாமை.

இதுவரை நாம் ஒளிக்குறி, குறிகாட்டிகளோடு நமது விவாதத்தைக் குறைத்துக் கொண்டோம். ஒலி குறிகாட்டிகளும் உள்ளன. ஒலி குறிகாட்டிகள் 230 கிலோவோல்ட்டு வரையுள்ள அழுத்தங்களுக்கு 25-60 சுற்று விரைவுகளில் உள்ளும் வெளியிலும் உள்ள மாறு மின்னோட்ட அமைப்புக்களுக்கு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வகையான குறிகாட்டி முக்கியமாக ஒரு அலை வாங்கி போலப் பயன்படும் செப்புத் தகடு, தள்ள மற்றும் இழுக்கக் கூடிய டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி, ஒரு விடுவிக்கும் திரிதடையம், திரிதடையத்தாலான சேச்சலை ஆக்கப் பொறி ஒரு மின் சேமிப்புக்கலம். ஒரு ஒலிபேசி ஆகியவற்றைக் கொண்டது. இந்தப் பகுதிகள் அனைத்தும் ஒரு

இருக்கையில் வைக்கப்பட்டு ஒரு கடத்திக் குழாயில் வைக்கப்படுகின்றன. இந்தக் குழாய் குறிகாட்டியின் உடலாகச் செயல்படுகிறது. இது காப்புக் கம்பியின் ஒரு முனைக்கு ஒரு குழாயின் மூலம் இணைக்கப்படுகிறது. குறிகாட்டியின் முக்கிய பகுதிகள் குழாய்க்குள் தாமிரத் தகடு மேல் பகுதியில் அமைக்கப்படவும் ஒலிபேசி குழாயின் கீழ்ப்பகுதியில் அமைக்கப்படவும் கூடிய முறையில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

குறிகாட்டியானது மின்சாரம் பாயும் பகுதிக்குக் கொண்டுவரப்படும்பொழுது, கடத்தியின் மின்புலத்தினுல் பாதிக்கப்படுகிறது. இது அலைவாங்கியில் மின்சாரத்தைத் தூண்டுகிறது. அம்மின்சாரம் ஒலி உற்பத்திப் பொறியை இயக்கும் அளவிற்குப் பெருக்கப்படுகிறது. பொறியின் குறிப்பொலிகள் ஒலிபேசி மூலம் கேட்கப்படும். 4 கிலோவோல்ட்டு அழுத்தத்தில் கடத்தியிலிருந்து 2.5 சென்டிமீட்டர் தொலைவில் குறிகாட்டி வைக்கப்படும்பொழுது ஒலிபேசியில் அதிக உரத்த குறிகள் தோன்றுகின்றன. அதுபோல 13 கிலோவோல்ட்டிற்கு 10 சென்டிமீட்டர், 26 கிலோ வோல்ட்டிற்கு 30 சென்டிமீட்டர் 33 கிலோவோல்ட்டில் 45 சென்டிமீட்டர், 110 கிலோ வோல்ட்டில் 90 சென்டி மீட்டர், 230 கிலோ வோல்ட்டில் 180 சென்டி மீட்டர் தூரத்தில் அவ்வாறு நிகழ்கின்றன. மின் அமைப்பின் அழுத்தம் 4 கிலோவோல்ட்டிற்கு குறைவாக இருந்தால் குறிப்பொலி எச்சரிக்கையைப் பெறுவதற்கு மின்சாரப்பாதைக் கம்பியருகே குறிகாட்டி கொண்டு செல்லப்பட வேண்டும்

மாஸ்கோ மின் அமைப்புச் சோதனைச்சாலையில் வடிவமைக்கப்பட்ட தீண்டுதல் செய்யா அழுத்தக் குறிகாட்டிகளும் (BYBH-2 மற்றும் BYBH-4) குறிப்பிடத் தக்கவையே. பாதுகாப்புத் தலையுறையில் பொருத்தப்பட்ட அழுத்தக் குறிகாட்டி ஒன்றை ஜெர்மன் தொழிற்சாலை ஒன்று உற்பத்தி செய்து வருகிறது. 1,000 வோல்ட்டுக்கு மேல் மின் அழுத்தமுள்ள, மின் தொடர்களிலும் மின்சார துணைமின் நிலையங்களிலும் வேலைபார்க்கும் பராமரிப்புப் பணியாளர்களுக்காக அந்தத் தலையுறை வடிவமைக்கப்பட்டது. தலையுறை தொகுப்புப் பொருளால் ஆனது. அதன் தலைப் பகுதியில் சிறிய திரிதடையத்தால் ஆன வாங்கி ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அது அலைவாங்கியாகச் செயல்படும். ஒரு மனிதன் மின்சாரமுள்ள அமைப்புக்களை நெருங்கும்பொழுது அலை வாங்கியில் மின்சாரம் தூண்டப்படுகிறது. இந்த மின்னேட்டம் தேவையான பெருக்கல்களுக்கும் மாறுதல்களுக்கும் பின்னர் ஒரு சிறிய ஒலிபேசியை இயக்குகிறது. அது தேவையான அளவு கனமுள்ள ஒலிக்குறியை அனுப்புகிறது. இரும்பு-நிக்கல் கலங்களின் மூலம் இவ் உபாயம் சக்தியைப் பெறுகிறது. இந்தக் கலம் 380/220 வோல்ட்டு மூலங்களில் சக்திபெறும்.

மின் அமைப்புக்கள் மற்றும் மின்தொடர்களில் உள்ள மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளில் மேலுள்ள அழுத்தத்தை அறிந்து கொள்வதற்கு மின்புலத்தைப் பயன்படுத்துவது வளர்ச்சி அளிக்கக்கூடிய யுக்தியா

கும். இந்த முறை கொண்ம மின்னோட்டத்தை பயன்படுத்துவதைவிட அனுகூலமானதாகும். குறிப்பிடத்தக்கக் குறைபாடுகளும் இம்முறையில் உள்ளன. மின் அழுத்தக் குறிகாட்டியின் அளவின் குறைந்த எல்லை, (மிகவும் உணர்ச்சி மிக்க குறிகாட்டியின் குறைந்த மட்ட எல்லை 2 கிலோ வோல்ட்) போன்றவை. புல அழுத்தக் குறிகாட்டிகளில் பெரும்பான்மையானவை 35 கிலோவோல்ட்டிற்கு மேல் எல்லைகளில் ஒலிக்குறிகள் கொடுக்கும். ஒரு அமெரிக்க அழுத்தக் குறிகாட்டியால் சிறந்த அம்சங்கள் காட்டப்பட்டன. உற்பத்தியாளர் 400 வோல்ட் முதல் 220 கி.வோ. வரை இடர்ப்பாடில்லாத இயக்கத்திற்கு உத்தர வாதம் அளிக்கிறார். ஆனால் 4 கி.வோ. துவங்கி, , தெளிவான ஒலிக்குறியைப் பெறுவதற்குக் குறிகாட்டியின் தூண்டுகோல் மின் சாரம் பாயும் பகுதிகளை நேரடியாகத் தொட வேண்டும். நம்பகமான குறியீட்டிற்காகத் தூண்டுகோலுக்கும் கம்பி அல்லது சட்டத்திற்கும் மிக அருகான இடைவெளி மற்றுமொரு குறைபாடு. புலக் குறி காட்டிகளால் பொறி வாங்கிகளின் துணைகொண்டு எழுப்பப்படும் ஒலிக்குறிகள், முக்கியமாக மின்சாரம் பாயும் பகுதிகள் உயரத்தில் இருக்கும்பொழுது தெளிவாக இருப்பதில்லை.

கருவிகளின் முட்களின் வழியாக வெளியாகும் மின்சாரத்தின் எதிர்வினை விசைகளைப் பயன்படுத்தி இயங்கும் குறிகாட்டிகளும் வழக்கில் உள்ளன. இத்தகைய குறிகாட்டிகள், உயர் அழுத்த மின் செய்தி அமைப்புக்களிலும் தொலை பொறியியல் தொடர்புகளிலும் அமெரிக்கா, ஃபிரான்சு நாடுகளில் முக்கியமாகப் பயன்படுகின்றன. இத்தகைய குறிகாட்டிகள் நே.மி. மற்றும் மா.மி. அமைப்புக்களில் பயன்படுத்தக்கூடிய முறையில் வடிவமைக்கப்பட்டவை. அந்தக் குறி காட்டியின் அடிப்படைப் பகுதி ஒரு காப்புப் பொருளால் செய்யப் பட்ட கம்பாகும். அக்கம்பின் இறுதியில் கைப்பிடியமைப்பு உண்டு. மற்றொரு முனையில் மின்சாரம் பாயும் பகுதியினைத் தொடும் ஒரு தூண்டுகோல் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு காப்புப் பொருளால் செய்யப்பட்ட தட்டையான முகப்பு, காப்புக் கம்பில் கைப்பிடியி லிருந்து சிறிது தூரத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அது தட்டையான ஊடுருவி பார்க்கக்கூடிய ஒரு மூடியால் மறைக்கப்பட்டுள்ளது. அதில் அரைவட்ட வடிவிலுள்ள மேலுமொரு சிறு மூடி உள்ளது. அந்தச் சிறு மூடியினுள்ளே ஒரு நியான் குழாய் உள்ளது. அதன் ஒரு முனை தூண்டுகோலின் வெளிமுனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தூண்டுகோலானது மா.மி. மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளைத் தீண்டும் பொழுது குறிகாட்டியின் நியான் குழாயில் சிவப்பு ஒளி காணப் படும். பெரிய தட்டையான மூடியானது ஒரு பந்தில் முடியும் உலோக முள்ளைக் கொண்டுள்ளது. அந்த முள்ளின் முனை அச்சிற்குச் செங்குத்தாக உள்ளது. ஒரு மூடிக் கம்பிச் சுருளமைப்பின் செயல் பாட்டினால் முள்ளானது இறுதி நிலையில் நகர்த்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. தூண்டுகோலின் வெளிமுனையும் இம்முள்ளும் மின்சாரத்தால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தூண்டுகோலானது (நே.மி.) மின்சாரம் செல்லும்

பகுதியைத் தொடும்பொழுது கருவியின் முள்ளும் மின்சாரம் பெறுகிறது. (அதனது முனையில் தோன்றும் மின் வெளியாதல் மூலம்) அதன் விளைவாக முள்ளானது சுருளமைப்பின் சக்தியை மீறி நகர ஆரம்பிக்கிறது. மின் அழுத்தம் அதிகமானால் மின் வெளியீடும் அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே முள்ளும் அதிக தூரம் செல்லும்.

இந்தக் குறிகாட்டியில் வெவ்வேறு மாதிரிகள் உள்ளன. இவற்றின் மத்தியில் தூண்டல் சக்தியால் செயல்படும் பல்சக்கரம் கொண்ட குறிகாட்டி குறிப்பிடத்தக்கது. ஆனாலும் இந்தக் குறிகாட்டிகளிலும் முக்கியமான குறைபாடுகள் உள்ளன. அவை முன்னரே கூறிய குறி காட்டலின் குறைவான அழுத்த எல்லை, தூண்டுகோல் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளை நேரடியாகத் தொடவேண்டிய தேவை, சிக்கலான குறி உற்பத்தி மற்றும் சிக்கலான, மெல்லிய வடிவமைப்பு.

முடிவாக 1,000 வோ மேலுள்ள அழுத்தங்களுக்கான சிறந்த மாதிரி குறிகாட்டி இதுவரை உருவாக்கப்படவில்லை என்று நாம் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும்.

இப்போது 1,000 வோ கீழுள்ள அழுத்தங்களில் பயன்படும் குறிகாட்டிகளைப் பார்ப்போம். இவற்றின் முக்கியமான அம்சம் தூண்டுகோலுக்கும் மின்சாரம் பாயும் பகுதி, கம்பி அல்லது முனைக்கும் இடையே நேரடித் தீண்டுதல், எப்போதுமே இது தேவைப்படுகிறது. காப்பிட்ட எழுதுகோல் மாதிரி குழாயில் வைக்கப்பட்டுள்ள நியான் குழாயின் ஒளி மூலம் மின் அழுத்தம் குறிப்பிடப்படுகிறது. அந்த ஒளியைப் பார்ப்பதற்கு ஒரு அமைப்பு உள்ளது. இந்தக் குறிகாட்டிகளின் நியான் குழாய்களோடு தொடர்ந்து தடைப் பொருட்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒருமுனை மற்றும் இரு முனை குறிகாட்டிகள் உள்ளன. இரண்டும் பி. டோலின் [31] அவர்களால் வர்ணிக்கப்பட்டுள்ளன. இருமுனை குறிகாட்டிகள் இரண்டு தூண்டுகோல்களைக் கொண்டுள்ளன. ஒன்றில் நியான் குழாய் உள்ளது. மற்றொன்றில் சாதாரண காப்புப் பிளாஸ்டிக் குழாய் குறிகாட்டியின் இயங்கும் பகுதியின் அளவிலேயே உள்ளது. இயங்கும் மற்றும் துணை தூண்டுகோல்கள் இரண்டும் காப்பீடு செய்யப்பட்ட 1மீ நீளமுள்ள கம்பியால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு பாதையின் இரண்டு இடங்களுக்கு இடையே மின்சாரம் உள்ளதா என்று பார்க்க, பணியாளர் இந்தத் தூண்டுகோல்களை இடது மற்றும் வலது கைகளால் பிடித்துக்கொண்டு இரு இடங்களையும் தொட வேண்டும்.

இவ்வாறு, இருமுனை மின்காட்டியானது முக்கியமாக ஒரு குறி நியான் குழாய், தடைப் பொருள், இணைப்புக் கம்பி, இரண்டு தூண்டுகோல்களைக் கொண்டது. வகை எம்.ஹெச் - 7ஊ பி.எம்.ஹெச் - 1 நியான் விளக்குகளைப் பயன்படுத்தி ஒளிக்குறி பெறப்படும். தொடர்ந்திணைக்கப்பட்ட தடைப்பொருள் நியான் குழாயில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் குறிப்பிட்ட அளவிற்குக் குறைக்கிறது.

மேற்குறிப்பிட்ட குறிகாட்டிகளின் குறைபாடுகள் குறைந்த, அழுத்தக் குறி காட்டு எல்லை (60-600 வோ), மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளை நேரடியாகத் தீண்டும் தேவை, தெளிவில்லாத குறிகள் கடைசியாக மெலிந்த நியான் விளக்குகள்.

ஒருமுனை அழுத்தக் குறிகாட்டிகள் மின்சாரப் பகுதிகளுக்கும் நிலத்திற்கும் இடையே உள்ள அழுத்தத்தைக் காட்டுவதற்காக ஏற் படுத்தப்பட்டன. அவை ஒரே ஒரு மின்சாரம் பாயும் பொருளைச் சரிபார்க்கவே ஒரு நேரத்தில் பயன்படும். தரையோடு குறிகாட்டியை ஒருவர் தொடும்பொழுது குறிகாட்டியின் மின்னோட்டப்பாதையை முடித்து வைக்கிறார். அதன் மூலம் பாயும் மின்னோட்டம் மைக்ரோ ஆம்பியர் அளவிலேயே இருப்பதால் அது மனிதனைப் பாதிப்பதில்லை. அதே நேரத்தில் இது நியான் குழாயை ஒளிர வைக்கும் அளவு திறன் கொண்டது.

ஒருமுனை குறிகாட்டிகள் ஒரு பேனாவைப் போன்று வடிவமைக் கப்படுகின்றன. இதன் உறை ஒரு காப்புப் பொருளால் ஆனது. இதில் பார்ப்பதற்கான ஒரு துவாரமும் உள்ளது. இதனுள் நியான் விளக்கும் தடைப்பொருளும் உள்ளன. கீழ்ப்பகுதியில் உலோகத் தூண்டுகோல் உள்ளது. மேலே தட்டையான உலோகப் பொருள் விரலால் தொடும்படி அமைந்துள்ளது. சில சமயங்களில் ஒருமுனை குறிகாட்டிகள் திருப்புளிகள் போன்றும் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. அப்போது கைப்பிடியில் விளக்கும் தடையும் அமைகின்றன. கத்திப் பகுதி தூண்டுகோலாகச் செயல்படுகிறது.

உண்மையிலேயே 1,000 வோ கீழுள்ள வழங்கு மூலங்களில் பயன்படுத்தப்படும் எல்லாக் குறிகாட்டிகளும் குறைபாடுள்ளவையே. ஆனாலும் அவற்றைப் பயன்படுத்துதல் பாதுகாப்பை மேம்படுத்து கின்றன. எந்த நிலையிலும் ஒரு குமிழ் விளக்கைச் சோதனை விளக்கென்று பயன்படுத்துவதைக் காட்டிலும் இவை உயர்வானவையே. குமிழ் விளக்குகளை மின் அழுத்தத்தைக் காணுதற்குப் பயன்படுத்தியதன் மூலம் அதிக விபத்துக்கள் நேர்ந்திருக்கின்றன. ஆகவே அத்தகைய விளக்குகளை மின் அழுத்தத்தைக் காட்டுவதற்காகப் பயன்படுத்தல் தடை செய்யப்பட வேண்டும்.

அழுத்தக் குறிகாட்டிகள் பற்றிக்கூறும் இப்புத்தகத்தின் இப்பகுதியை வி. கோஸ்லாவ் [46] அவர்கள் செய்த ஆர்வம் மிக்க ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளோடு முடிக்க விரும்புகிறோம். மின் தொடர்களில் உள்ள அழுத்தங்களைக் காந்த புல வாங்கிகளின் மூலம் குறிகாட்டும் சாத்தியக் கூறுகள் பற்றியது அவ்வாராய்ச்சி. அளவீடுகளும் கணக்கீடுகளும் பல்வேறு இயக்க அழுத்தங்களில் பல்வேறு வடிவமைப்புக்களில் உள்ள மின் பாதைகளுக்கருகில் (பாதை தொடர்பற்ற மின் அழுத்தங் களிலும்) காந்தப் புலம் உள்ளது என்று காட்டுகின்றன. கம்பிகளுக்கு 1.5 மீட்டர் தொலைவில் இந்தப் புலத்தின் குறைந்த பட்ச வலு 0.05 ஆ/மீ புலத்தின் இந்தச் செறிவு தேவையான அழுத்தக் குறிகாட்டிகளை வடிவமைக்கப் போதுமானது. அதிக உணர்ச்சியுள்ள

இரும்புக் காந்த சிறிய அளவு அலை வாங்கிகள் மூலம் அது வடிவமைக்கப்பட்டது. மின்தொடர்களைச் சுற்றி காந்தப் புலங்கள் இருப்பது 1,000 வோ அருகிலுள்ள அழுத்தங்களைக் கையாளும் மின்தொடர்களின் கம்பிகளில் உள்ள அழுத்தங்களைக் குறைப்பதற்கான ஒருபல பயன் கருவியை வடிவமைக்கும் சாத்தியக்கூறினை அதிகரிக்கின்றன. இரும்பு காந்தப் பொருட்களை உட்பொருளாகக் கொண்டு பல அடுக்கு கம்பிச் சுருளை மின்புலச் செறிவு அலை வாங்கியாகப் பயன்படுத்துதல் நல்ல அறிவுரை என்று வி. கோஸ்லோவ் நிருபிக்கிறார். இரும்பு காந்தப் பொருட்களைப் பயன்படுத்திய போதிலும் வாங்கியில் தூண்டப்படும் மின்சக்தி, குறியீட்டு வசதிகளையோ செயல்பாட்டு உபாயங்களையோ இயக்கப் போதுமானதாக இல்லை. ஆகவே அலை வாங்கியில் தூண்டப்படும் மின்சக்தி ஒரு 50 ஹெர்ட்ஸ் ஒலி-விரைவு பெருக்கியால் பெருக்கப்பட்டால் இயங்குதற்கான மதிப்பு கிடைக்கும். பளுவைக் குறைப்பதற்கும் நம்பகத்தன்மையை மேம்படுத்துவதற்கும் பெருக்கி திரிதடையத்தால் அமைக்கப்பட வேண்டும்.

மின்தொடர்க் கம்பிகளில் உள்ள அழுத்தங்களைச் சரிபார்க்கும் காந்தப்புல வலு குறிகாட்டிகள் இயங்கும் கோட்பாடு கீழ்க்காணுமாறு அமையும். மாறக்கூடிய 50 ஹெர்ட்ஸ் காந்தப் புலம் (மின்பாதைக் கம்பிகளைச் சுற்றியுள்ளது) அலை வாங்கியில் (இரும்பு காந்த உட்பகுதியுடைய காந்தப்புல வாங்கி), கம்பிகளினின்று ஒரு மீட்டர் தொலைவில் கருவி வைக்கப்பட்டிருக்கும்பொழுது ஓமின் சக்தியைத் தூண்டுகிறது. அது திரிதடையத்தாலான பெருக்கியில் செலுத்தப்படுகிறது. பெருக்கியின் வெளிச் செல்லும் அழுத்தம் தேவையான குறிகாட்டுச் சாதனங்களைச் செயல்படுத்தப் பயன்படுகிறது. ரீகா பல் தொழில் கழகத்தின் தொழிலாளர் பாதுகாப்புப் பிரிவில் வி. கோஸ்லோவ் அவர்கள் செய்த சோதனைகள் மூலம் விரிவான எல்லைகளுக்குள் மின் அழுத்தங்களைக் குறிப்பிடுகின்ற (127-330 கி.வோ - மேலும்) நம்பகமான எடுத்துச் செல்லும் சாதனத்தை வடிவமைத்தல் சாத்தியமானதே என்று தெரியவருகிறது. சற்றுமுன் விவரித்த கருவி அழுத்தத்தைக் காட்டுவதில் புதிய நோக்கைக் காட்டுகிறது. தனது விரிவான அழுத்தக் குறியீட்டு எல்லையின் மூலம் இது ஏனைய குறிகாட்டிகளை மிஞ்சுகிறது. முதலாவதாக இந்தக் கருவி, மின்தொடர்களுக்கு அருகில் கட்டுமானப் பொறிகள், தூக்கிகள் போன்றவை அணுகுவதில் உள்ள அபாயங்களைக் காட்டப் பயன்படுத்தப்பட்டன.

இந்தக் கருவிகளை மேலும் அறிமுகப்படுத்துவது ஒரு முக்கிய மின் ஆபத்து பகுதியை நீக்குவதை நிச்சயமாக மேம்படுத்தும்.

11-7. மின் சாதனங்களைப் பாதுகாப்போடு கையாளும் பொறுப்பு

விதிமுறைகளைக் கடைப்பிடித்தலின்பால் பயனுள்ள மேற்பார்வையின்றி மின் சாதனங்களை நம்பகமாகப் பராமரிப்பது இயலாதது.

1970ம் ஆண்டு சோவியத் தலைமை பீடம் ஆமோதித்து அமலாக்கிய "தொழிலாளர் சட்டங்களின் அடிப்படைகள்" இல் 9வது அத்தியா யத்தில் தொழிலாளர் சட்டங்களையும் பாதுகாப்பு முறைகளையும் கடைப்பிடித்தல் மேலான, மேற்பார்வையின் அமைப்புக்கள் விளக் கப்பட்டுள்ளன. அந்த அத்தியாயத்தின் உள்ளடக்கம் கீழ்வருமாறு :

அத்தியாயம் 14

தொழிலாளர் சட்டங்களைக் கடைப்பிடித்தல் மேல் கட்டுப்பாடும் மேற்பார்வையும்

பத்தி 104. தொழிலாளர் சட்ட மேற்பார்வைச் செயலகங்கள்

தொழிலாளர் சட்டங்களைக் கடைப்பிடிப்பதன் மேல் மேற்பார்வையும் கட்டுப்பாடும் கீழ்க்காணுவோரால் செய்யப்படுகின்றன.

1. மாநிலத்தின் உறுப்புக்களும் ஆய்வகங்களும். இவை இந்நோக்கத்தோடே தொழிலகங்கள் மற்றும் அமைப்புக்களின் நிர்வாகத்தினின்று சுய ஆட்சியோடு தங்களது மேலதிகாரிகள் மேற்பார்வையின் மூலம் செயல்படுகின்றன.

2. தொழிற்சங்கங்களின் அனைத்துச் சங்க மையக் குழுவினால் ஆமோதிக் கப்பட்ட ஆய்வக சட்டங்களின்படி தொழிற்சங்கங்களாலும் தொழிற்சங்கங் களின் தொழில்நுட்ப தொழிலாளர் சட்ட ஆய்வகங்களாலும் மேற்பார்வை செய்யப்படும்.

சோவியத் நாட்டுச் சட்டங்களும் வெவ்வேறு மாநில சட்டங்களும் குறித்துள்ள கட்டளையின்படி அந்நாட்டு நிர்வாக மற்றும் ஆட்சிப் பிரிவு களுடன், சோவியத் மக்களும் தொழிலாளர் சட்டங்களைக் கடைப்பிடித்தல் மீது மேற்பார்வை செய்கின்றனர்.

தங்கள் கீழ் உள்ள தொழிலகங்கள் அலுவலகங்கள் மற்றும் அமைப்புக் களின் மேல் அமைச்சகங்களும் துறைகளும் கட்டுப்பாடுகள் மேற்கொள்கின்றன.

எல்லா அமைச்சகங்களும் துறைகளும் அலுவலகங்களும் தொழிலகங்களும், அமைப்புக்களும் அவற்றின் அலுவலர்களும் தொழிலாளர் சட்டங்களைக் கடைப்பிடிப்பதன் மேல் மேற்பார்வை செய்யும் உரிமை சோவியத் நாட்டுப் பொது மேற்பார்வையாளர் அலுவலகத்தின்பால் உள்ளது.

பத்தி 105. அமலிலுள்ள தொழிலாளர் சட்டங்களை மீறுதலுக்கான பொறுப்பு

தொழிலாளர் சட்டங்களையும் தொழிலாளர் பாதுகாப்பு முறைகளையும் மீறிய குற்றம் சாட்டப்பட்டவர்களும் கூட்டு ஒப்பந்தங்களையும் தொழிலாளர் பாதுகாப்பு ஒப்பந்தங்களையும் தவறி நடப்பவர்களையும் தொழிற்சங்கங்களின் நடவடிக்கைகளில் தலையிடுபவர்களையும் சோவியத் நாட்டு மற்றும் அதன் மாநிலங்களின் சட்டங்களின் உத்தரவுகள் பொறுப்பாக்குகின்றன.

மின் சாதனங்களின் தேவைகளைக் கடைப்பிடிப்பதன்பால் மேற் பார்வை கீழ்க்காணுவோரால் செய்யப்படும்.

1. தொழிலகங்கள் மற்றும் துறைகள் அமைச்சகங்கள் மற்றும் மின் அமைப்புக்களின் தனித்தகுதி பெற்ற அலுவலர்கள்.

2. தொழில் மின் வழங்குதல் மற்றும் மின் தொகுதிகளில் மின் வழங்குதல் மேற்பார்வை இவற்றிற்கான மாநில ஆய்வகங்கள்.

3. சிறப்பான மாநிலக் கழகங்கள்.

தொழிலாளர் சட்டங்களின் அடிப்படைகளைக் கடைப்பிடிப்பதில் தொழிற்சங்கங்களின் கண்காணிப்பகங்களுக்கு மாநில மேற்பார்வை அதிகாரம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு தொழில் நுட்ப தொழிற்சங்க கண்காணிப்பாளர் முறைகள் மீறப்படுவதைக் கண்டால் வேலையை நிறுத்துவதற்கு உரிமை பெற்றவர். தவறு இழைப்பவர்கள் மீது தண்டனை விதிக்க அவருக்கு உரிமையுண்டு. விபத்துக்களின் புல னாய்வுகளில் பங்கெடுக்கும் ஆய்வாளர், நிர்வாக அலுவலர்கள் மீது விதிக்க வேண்டிய தண்டனைகள் பற்றி முடிவு செய்யவும் அல்லது அவ்விஷயத்தைக் குற்றவியல் தண்டனைக்காக நீதிமன்றத்திற்குக் கொண்டு செல்லவும் கூடும். ஒரு உதாரணமாக ஆர்.எஸ்.எப்.எஸ்.ஆர். குற்றவியல் நெறிமுறைகளில் உள்ள ஒரு பத்தியைப் பார்ப்போம்.

பத்தி 140. தொழிலாளர் பாதுகாப்பு முறைமைகளை மீறுதல்

பாதுகாப்பு இயல் விதிகளையும் தொழில் இயல் சுகாதார விதிகளையும் அல்லது வேறு தொழிலாளர் காப்பு விதிகளையும் மீறுவதற்குப் பொறுப்பான நபர்கள் மீது அந்த மீறல்கள் மனித உடல் நலத்தைப் பாதிக்கும் அல்லது வேறு தீவிரமான சேதங்களை விளைவிக்கும் விபத்துக்களை ஏற்படுத்தினால் ஓராண்டு காலம் வரை சிறைவாசம் அனுபவித்தல் அல்லது அதே காலத்திற்குத் திருத்தத் தொழிலாற்றல் அல்லது 100 ரூபிள்கள் வரை தண்டனை செலுத்த அல்லது பதவியில் இருந்து விடுவிக்கப்படுதல் போன்ற ஏதாவது ஒரு தண்டனை விதிக்கப்படுவார்கள்.

அதே முறைகளை மீறுதலால் உடல் காயங்களோ செயலிழப்போ நேரிட்டால் பொறுப்பான நபர்கள் மூன்று ஆண்டுகள் வரை சிறை தண்டனைக்கோ அல்லது ஓராண்டுக்காலம் திருத்தத் தொழில் ஆற்றவோ தண்டிக்கப்படுவார்கள்.

மேற்கூறிய முறை மீறுதலால் ஒரு மனிதருக்கு உயிரிழப்போ பல மனிதர்களுக்கு வலுவான உடற்காயங்களோ நேரிட்டால் பொறுப்பான நபர்கள் ஐந்து ஆண்டுகள் வரை சிறை தண்டனைக்கு உள்ளாவார்கள்.

பிற மாநிலங்களின் குற்றவியல் நெறிமுறைகளிலும் இதுபோன்ற விவரங்கள் உண்டு.

ஒரு சோஷலிச நாட்டில் எந்தத் தண்டனையும் குற்றத்தைத் தடுப்பதற்காகவே அளிக்கப்படுகிறது. அது இங்கு மின் விபத்துக் களைத் தடுப்பதற்காகக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. அதனால்தான் சட்டத்தால் தண்டனை பெறக்கூடிய தவறுகள் யாவை என்று ஒவ் வொருவரும் தெரிந்து கொள்ள வேண்டியது மிக முக்கியமாகும். யார் தவறு செய்தார் என்று சரியான தீர்ப்பு கொடுப்பது அதைவிட முக்கியம். தொழிலாளர் சட்டத்தின் அடிப்படைகளில் 9ம் அத்தி யாயமும் ஆர்.எஸ்.எப்.எஸ்.ஆரின் குற்றவியல் நெறி முறையின் 140ம் பத்தியும் சட்ட பூர்வமான பொறுப்பு அலுவலர்களைச் சேர்ந்தது என்று காட்டுகின்றன. தீவிரமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் முறை மீறல்களில் குற்றம் விளைத்த நபரை நிர்ணயிப்பது அவ்வளவு எளிதானதல்ல. தொழில் நுட்ப ஆய்வாளர்களும் சில சமயம் கீழ்மட்ட நீதிமன்றங்களும் தவறான நபர்களைக் குற்றம் சாட்டி யிருக்கின்றனர்.

இப்பொழுது நாம் விதிமுறைகளுக்குத் திரும்புவோம். [63] 1-1-9வது பகுதி கூறுவதாவது "தொழிலகங்களின் மின் மூலங்களேயும் மின் அமைப்புக்களேயும் பயன்படுத்திப் பாதுகாப்பாகப் பராமரிக்கும் பொறுப்பு அதனுடைய தலைமை மின் பொறியாளரிடமும் மின் பொறியியல் தொழிற்சாலையின் தலைவரிடமுமே உள்ளது. இவர்கள்தான் மின் அமைப்புக்களின் அறிவுபூர்வமான உறுதியான பாதுகாப்பான இயக்கங்களை நிலைநாட்டக் கடமைப்பட்டவர்கள்".

விதிமுறைகள் [67] 3-11 பொறுப்பான நபர்களேயும் அவர்களது பொறுப்பு எல்லைகளேயும் தெளிவாக்குகிறது. இதனை நாம் நினைவு கூர்வோம்.

"3-11. பாதுகாப்பான இயக்கங்களுக்குப் பொறுப்பாளர்கள்

(1) வேலை உத்திரவை அல்லது அறிவுரைகளை அளிப்பவர். (மின் சாதனங்களில் இயக்கங்கள் செய்வதற்காக)

(2) துணைமின் நிலையங்களிலும் மின்வழங்கு மையங்களிலும் மூடுகம்பி பாதைகளிலும் வேலை பார்ப்பதற்கு அனுமதி கொடுப்பவர் மற்றும் மேல்மட்ட பாதைகளில் பணியாற்றும் இயக்க மற்றும் பழுதுபார்க்கும் பணியாளர்கள். (அவர்களுக்குக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின் அமைப்புக்களில் அவசர இயக்கங்களுக்காகப் பயிற்சி பெற்ற பழுது பார்க்கும் பணியாளர்கள் இதில் அடங்குவர்).

(3) குழுவின் தலைவர் அல்லது மேற்பார்வையாளர்.

(4) குழு உறுப்பினர்கள்.

மேலே காணப்படுகின்றபடி மின்சார விதிமுறைகள் எல்லோராலும் கடைப்பிடிக்கப்பட வேண்டும். ஆனால் முக்கியப் பொறுப்பு அந்த வேலையை அமைத்துப் போதுமான வேலை உத்தரவுகளை அளிக்கும் அலுவலரிடமே உள்ளது. விதிமுறைகளின் குறிப்பிட்ட பத்திகளில் அந்தக் கடமைகள் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன.

3-12. வேலை உத்தரவை அளிக்கும் அல்லது அறிவுரைகள் வழங்கும் அலுவலர் செய்ய வேண்டிய வேலையின் அளவினைக் குறிப்பிடுகிருர்; அதனது பாதுகாப்பான செயல்பாட்டுக்குப் பொறுப்பு ஏற்கிருர்; குழுவின் எண் வலுவிற்கும் வேலை செய்ய அனுமதி அளிக்கும் ஒரு நபரின் தகுதிகளுக்கும் மற்றும் குழுத் தலைவர் — மேற்பார்வையாளர் மேலும் குழு உறுப்பினர்களின் தகுதிகளுக்கும் பொறுப்பு ஆகிருர். வேலை உத்தரவை அளிக்கும் அதிகாரம் பெற்ற அலுவலர்கள் நிர்வாக மற்றும் பொறி இயல் நபர்களாவர். (தொழிலகத்தின் தலைமைப் பொறியாளர் அல்லது அவரை அடுத்தவர், ஒரு பகுதியின் பணியின், பிரிவின், சாலையின், துறையின், துணைமின் நிலையத்தின், தலைமையாளர் அல்லது அவருக்கு அடுத்தவர் மற்றும் பொறியாளரும் முகவரும்).

மேலும் விதிமுறைகள் வேலை உத்தரவை அளிக்க அதிகாரம் பெற்ற ஒரு நபர் பெற்றிருக்க வேண்டிய திறமைகளைக் குறிப்பிடுகின்றன. இதைப் பற்றி விமர்சிப்பதற்கு முன்னுல் இயக்கப் பொறுப்பில் உள்ள ஒரு மனிதனின் கடமைகள் பற்றி 3-15இல் குறிப்பிட்டுள்ளதைப் பார்ப்போம்.

3.15. இயக்கங்களின் பொறுப்பில் உள்ள ஒரு மனிதர், சரியான வேலை இட அமைப்பிற்கும் பாதுகாப்பு முறைகளைப் பயன்படுத்துவதற்கும் சரியான மற்றும் பாதுகாப்பான வேலைப் பழக்கங்களைக் கையாளுவதற்கும் பாதுகாப்பு சாதனங்கள் மற்றும் கருவிகளின் நல்ல நிலைக்கும் மற்றும் விதிமுறைகளை அவரும் அவர் குழு உறுப்பினர்களும் கடைப்பிடிப்பதற்கும் பொறுபபு ஆகிறார்.

மேலும் மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களிலோ அல்லது அவற்றிற்கு மிக அருகிலோ செய்யவேண்டிய இயக்கங்களுக்குப் பொறுப்பான ஒரு நபர் நான்காம் பாதுகாப்பு தரப்பிரிவைச் சேர்ந்தவராக இருக்க வேண்டும். ஒரு தொழில் நுட்ப பள்ளி மட்டத்திற்குக் கல்வி பயின்றவருக்கே இந்தப் பிரிவு அளிக்கப்பட வேண்டும். விதிமுறைகளில் வேலைக்கு அனுமதி வழங்கும் ஒரு நபரும் ஒரு மேற்பார்வையாளரும் செய்ய வேண்டிய கடமைகள் பற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளது. இப் பொழுது ஒரு முக்கியமான கருத்தை வலியுறுத்த விரும்புகிறோம். குற்றம் சாட்டப்படக்கூடிய அலுவலர்கள் முகவர் வரையுள்ள நிர்வாக மற்றும் பொறியியல் அலுவலர்களாகும். அசாதாரணமான நிகழ்ச்சி களில் ஏழாம்தர மற்றும் எட்டாம்தர மின் பணியாளர்கள் தொழி லாளர் பாதுகாப்பு சட்டங்களை மீறியதற்காகக் குற்றம் சாட்டப் பட்டுள்ளார்கள். வேறுவிதமாக வகைபாடு செய்யப்பட்டுள்ள நபர்கள் அதாவது பணியாளர்கள் மற்றும் அலுவலக ஊழியர்கள் அவர்களது செயல்பாடு குற்றவியல் நெறிமுறைகளின் பொதுவான பகுதிகளில் குறியிடப்பட்டுள்ள சட்ட மீறல்களாக இருந்தாலேயே அவர்கள் தண்டிக்கப்படுவார்கள்.

பாதுகாப்பு முறைகளை மீறியதால் உயிர் இழப்போ கடுமையான விளைவுகளோ ஏற்பட்ட நிகழ்ச்சிகளில் குற்றவியல் பொறுப்பு பற்றிய சில உதாரணங்களைப் பார்ப்போம்.

நிகழ்ச்சி *11-11.* ஒரு கப்பல் கட்டும் தொழிற்சாலையில் ஒரு விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி கழகத்தின் ஆராய்ச்சியாளர்கள் குழு ஒரு கருவியைச் சோதித்துக் கொண்டிருந்தது. அந்தக் குழுவின் தலைவர் கேட்டுக் கொண்டபடி தொழிற்சாலை ஒன்றின் தலைவர் அந்தக் குழுவிற்கு உதவி செய்ய இரண்டு பணியாளர்களை அனுப்பினர். அவ்வேலையின் மூன்று மாதங்களுக்குப் பிறகு சேதமுற்ற உளியைக் கொண்டு வேலை செய்த பணியாளர் ஒருவர் அதன் எஃகு பகுதி உருவியதால் கண்ணை இழந்தார். அரசு மேற்பார்வையாளர் அலுவலகம் குழுவின் தலைவரை சட்டப்படி பொறுப்பாக்கியது. நீதிமன்றம் கேள்விகளால் சாட்சியங்களை ஆய்ந்தபொழுது ஆராய்ச்சி குழுவிற்கு வேலையாட்களை அளித் தது சரியான முறையில் அத்தாட்சி செய்யப்படவில்லை என்று தெரிய வந்தது. பணியாளர்கள் அவர்கள் ஊதியம் பெற்ற தொழிற்சாலைக்கே முதலில் வேலைக்கு வந்தார்கள். அவர்கள் நிர்வாகத்திற்கே கீழ்பட்டிருந்தார்கள் என்று தெரிய வந்தது. பாதிக்கப்பட்டவரின் சேதங்களுக்கான ஈட்டுத்தொகை பற்றி முடிவு செய்த நீதி மன்றம் தொழிற்சாலையின் மேற்பார்வையாளரையே சட்ட பூர்வமாக அதற்குப் பொறுப்பாக்கியது. ஆராய்ச்சி குழுவின் தலைவர் அதற்குத் துணை புரிந்தவராகக் குற்றம் சாட்டப்பட்டார். தொழிற்சாலையின்

தலைவர் கீழ்க்காணும் தவறுதலுக்கான பொறுப்பு உடையவராக நீதிமன்றம் கண்டது. தொழிற்சாலையின் தலைவர் ஆராய்ச்சி குழுவிற்குத் தனது பணியாளர்களை அனுப்பும்பொழுது நிர்வாக ரீதியில் அவருக்குக் கீழ்பட்ட பணியாளருக்குச் சரியான கருவிகளைக் கொடுக்கும் பொறுப்பு அவரையே சார்ந்தது. ஆராய்ச்சி குழுவிடத்தில் அவர்களை முழுமையாக ஒப்படைப்பது என்றால் அதற்கான அத்தாட்சியைக் கொடுத்திருக்க வேண்டும். அந்த நிலையில் பணியாளர்களின் உடல் நலத்திற்கு ஆராய்ச்சிக் குழு தலைவரே பொறுப்பு ஏற்கிறார். பணியாளர்களுக்கு நேரும் இடர்பாடுகளுக்குப் பதிலளிக்க வேண்டிய அலுவலர் அவர்தான். நடந்த நிகழ்ச்சியில் அவரும் குற்றத்தில் கூட்டுப் பொறுப்பு ஏற்கிறார். ஏனென்றால் கருவிகளின் பழுதான நிலை பற்றி பணியாளர்கள் அவருக்குத் தெரிவித்து இருந்தனர். மேலும் போதுமான அனுபவம் கொண்ட பொறியாளராக இருந்தும் பழுதுபட்ட கருவியை மாற்றுவதற்கான நடவடிக்கைகள் அவர் மேற்கொள்ளவில்லை.

நிகழ்ச்சி ***11-12.*** ஒரு செருப்பு தயாரிக்கும் தொழிற்சாலையில் ஒரு தானியங்கி தொகுப்பு வரிசை கொண்ட புதியதொரு பிரிவு இயக்கி வைக்கப்பட்டு இருந்தது. அந்தப் பிரிவில் தரை இரும்புத் தகடுகளால் பொருத்தப்பட வேண்டும். ஆனால் சிறப்பு பணியாளர்கள் யாரும் அதற்காகக் கிடைக்கவில்லை. அந்தத் தொழிற்சாலையின் தலைமைப் பொறியாளர் தன்னுடைய நண்பரான ஒரு கட்டுமான நிறுவனத்தின் மேலாளரைத் தனக்கு உதவி செய்யுமாறு கூறினார். அவரும் அதற்கு ஒப்புக்கொண்டார். அவர் தனது கட்டுமான அமைப்புக்கள் ஒன்றின் தலைவருக்கு அவரிடம் உள்ள பணியாளர்களில் மூவரைச் செருப்பு தயாரிக்கும் தொழிற்சாலைக்கு ஒரு வார காலத்திற்குக் கூடுதல் ஊதியத்தோடு இரவு நேர வேலைபார்க்க அனுப்புமாறு உத்தரவு பிறப்பித்தார். உத்தரவைப் பெற்ற நபர் கீழ்க்காணும் உத்தரவுகளை எழுதி அனுப்பினார். "கே. பீ. மற்றும் சீ. எனும் பணியாளர்கள் செருப்பு தயாரிக்கும் தொழிற்சாலையில் வேலை செய்வதற்காகக் கட்டுமான நிறுவனத்தின் மேலாளர் பொறுப்பிற்கு அனுப்பப்படுகிறார்கள்" மேலாளர் இந்த உத்தரவை வழிமொழிந்தார். பணியாளர்களை அழைத்து இவ்வாறு கூறினார். "செருப்பு தயாரிப்பவருக்கு உதவி தேவைப்படுகிறது. அந்தத் தொழிற்சாலைக்குச் செல்லுங்கள். என்ன செய்ய வேண்டுமென்று அவர்கள் கூறுவார்கள்".

பணியாளர்கள் தலைமைப் பொறியாளராலேயே வரவேற்கப்பட்டனர். அவர்களை நேரடியாகத் தொழிற்சாலைக்குக் கொண்டு சென்றார். செய்ய வேண்டிய வேலைகள் பற்றி விளக்கினார். பணியாளர்களுக்கு தொழிற்சாலைப் பகுதியில் செல்வதற்கு தற்காலிக அனுமதி சீட்டுக்கள் மட்டும் வழங்கப்பட்டன. வேலை உத்தரவுகள் வழங்கப்படவில்லை. கட்டுமான நிறுவனம் அதற்கான அறிக்கைகளை அளிக்கவில்லை; தொழிற்சாலை நிர்வாகம் அவர்களுக்கு வேலையிடத்து அறிவுரைகள் வழங்கவோ தொழிற்சாலை மேற்பார்வையின் கீழ் அவர்களைக் கொண்டு வரவோ தவறியது. தொழிற்சாலையில் பணியாளர்கள் தொழிற்சாலை மேற்பார்வையாளரை வேலை இடத்தில் போதுமான ஒளி அமைப்புக்கள் நிறுவுமாறு கேட்டுக் கொண்டனர். தொழிற்சாலை மின் பணியாளருக்கு அறிவுரைகள் கொடுக்கப்பட்டன. ஒரு தற்காலிக மின் தொடரின் மூலம் ஒளி அமைப்பு நிறுவப்பட்டது. மூன்று அல்லது நான்கு இரவுகளுக்குப் பின்னர் இன்னும் பணியில் எடுத்துக்கொள்ளாத தொகுப்பு வரிசை வழியாகச் செல்லுகின்ற ஒரு புதுப்பாதையில் மின்சாரம் வழங்க

விரும்பினர். மின்சாரம் வழங்கியவுடனேயே அந்தத் தொகுப்பு பாதையில் ஒரு குழாயைத் தற்செயலாகத் தொட நேர்ந்தபொழுது மின் அதிர்ச்சி பெற்றதாக ஒரு பணியாளர் கூறினர். மின் பணியாளர் கம்பியின் காப்புப் பொருளுக்கும் நிலத்திற்கும் உள்ள தடையைச் சரிபார்த்தார். அளவீடுகளின்படி அத்தடை 0.10 மெக் ஓமாக இருந்தது. அதே இணைப்பில் சந்தேகப்பட்ட குழாயைத் தனது கையால் தொட்டார். ஒன்றும் தெரியவில்லை. (ஆய்வின் போது மின் பணியாளர் ரப்பர் கால் மேலுறைகளை அப்போது அணிந்திருந்தது தெரிய வந்தது) சரிபார்த்தல் முடிந்தவுடன் மின் பணியாளர் தொழிலாளர் களிடம் எல்லாம் சரியாக இருக்கிறது அவர்கள் வேலையைத் தொடரலாம் என்று கூறினர். 40 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு தொகுப்பு வரிசைக்கு அருகில் அமர்ந்து கொண்டிருந்த சீ. எனும் பணியாளர் உலோகக் குழாயைத் தனது கன்னத்தால் தொட நேர்ந்தது. அவர் மின்சாரம் பாய்ந்து உயிரிழந்தார். பரிசீலனை யின்போது அந்த இடத்தில் குழாயானது ஒரு உலர்ந்த மரப்பலகையின் மேல் வைக்கப்பட்டிருந்தது. தரை இணைப்பு செய்யப்படவில்லை என்று தெரியவந்தது. காப்புப் பொருள் சிதைந்து இருந்ததால் மின்சாரம் பாயும் கம்பிக்கும் குழாயின் உலோகப் பகுதிக்கும் தீண்டுதல் நேரிட்டது. தரை இணைப்பு செய்யாத குழாயை மரப்பலகையில் வைத்திருந்ததால் கடத்தாப் பொருளின் அதிக மின் தடையைக் காட்டியது.

ஒரு பிரசினை எழுந்தது. தண்டிக்கப்பட வேண்டியவர் யார்? செருப்பு தயாரிக்கும் தொழிற்சாலையின் மேற்பார்வையாளர் ஒப்புக்கொள்ளாத மூலங் களின் வழியாக மின்சாரம் அளிப்பதைத் தடுக்கும் ஒரு உத்தரவைக் காட்டினர். மின் பணியாளர் ஒரு மாதத்திற்கு முன்னராகவே இந்த உத்தரவு பற்றி அறிவிக்கப்பட்டுள்ளார். அதனை அறிந்ததற்காகக் கையொப்பமும் இட்டுள்ளார். உண்மையிலேயே அவர் தனது குற்றத்தை மறுக்கவில்லை. உயிரிழப்பு விபத்தால் மிகவும் வருத்தமடைந்தார். அந்த மின் பணியாளர் அவரது செயல்களை விளக்கும்பொழுது ஒரு மெகரின் துணையோடு கடத்தாத் தடையைச் சோதித்த பின்னர் குழாயில் மின்சாரம் பாயலாம் என்று தனக்குத் தோன்றவில்லை என்றார். முதலாவதாக அந்த மின் பணியாளர் மீது குற்றவியல் நடவடிக்கை எடுக்கத் திட்டமிடப்பட்டது. ஆனல் அவர் மூன்றுவது தரத்தைச் சேர்ந்தவராகவும் மூன்றுவது பாதுகாப்புப் பிரிவினுள் அடங்கியவராகவும் இருந்ததால் அவ்வாறு செய்ய முடியவில்லை. மேலும் அந்த மின் பணியாளரை விசாரித்த பொழுது மின் மூலம் இயக்கத்தில் வருவதற்கு முன்னல் அதிகத் தகுதிகள் கொண்டவர்களால் செய்யப்படும் குறிப்பிட்ட சோதனைகளைச் செய்து பழுதுகளைக் கண்டுபிடிக்க இயலாதவர் அவர் என்று தெரிய வந்தது. இந்நிகழ்ச்சியில் மின் வழங்கு வடத்தைக் கொண்டு சென்ற தரை இணைப்பு செய்யப்படாத குழாயிலே பழுது இருந்தது. இந்த மின் பணியாளர் எச்சரிக்கை செய்யப்பட்டுத் தகுதிக் குறைவு செய்யப் பட்டார். புலனாய்வு ஆய்வாளர் கவனமாகவும் முழுமையாகவும் விபத்து சந்தர்ப்பங்களை ஆராய்ந்தார். முடிவாக மின் பணியாளரின் உயிர் இழப்பிற் கான சட்டபூர்வ பொறுப்பு கட்டுமான நிறுவனத்தின் மேலாளரையே சேர்ந்தது என்ற முடிவுக்கு வந்தார். இந்தப் பொறுப்பில் அலுவலக வரையறைக் குள் செருப்பு தயாரிக்கும் தொழிற்சாலையின் தலைமைப் பொறியாளருக்கும் பங்கு உண்டு. மேலாளருடைய தவறுகள் என்னவென்றுல் பணியாளர்களுக்குப் பணி கொடுக்கும் விதிகளை மீறினர். பணியாளர்களுக்கு அறிவுரை கொடுக்க ஒரு தலைவரை நியமிக்கத் தவறினர். பணியாளர்களுக்கு நேரடியாக அறிவுரை

கள் கொடுக்கத் தவறினர். மற்றும் அவர்களை அனுப்புவதற்கான உத்தரவுகளைச் சரியான முறையில் கொடுக்கவில்லை. இந்தச் சந்தர்ப்பங்களில் விதிகளின்படி வேலையும் வேலையிடமும் தொழிற்சாலை நிர்வாகத்தாரால் நிர்வகிக்கப்பட வேண்டும். தொழிற்சாலையின் தலைமைப் பொறியாளரது தவறுகள் விதிகள் வெளிப்படையாக மீறப்பட்டதைக் கண்டும் (அனுப்பும் உத்தரவுகள் இல்லாமை) அவர், அனுப்பப்பட்டுள்ள பணியாளர்களைப் பொருத்தமட்டில் விதி முறைகளைக் கடைப்பிடிக்கவில்லை. இந்நிகழ்ச்சியில் அந்தப் பணியாளர்களை அந்தத் தொழிற்சாலையின் பிரிவுகள் ஒன்றின் தலைவரின் மேற்பார்வையில் அனுப்பியிருக்க வேண்டும். அல்லது அந்தத் தொழிலாளர்களுக்குத் தொழிற்சாலையில் இயக்கத்திலுள்ள அல்லது இல்லாத சாதனங்கள் பற்றியும் அல்லது பழுதுகள் பற்றி தெரிவிக்கப்பட வேண்டிய நபர்கள் பற்றியும் அறிவுரைகள் கொடுத்திருக்க வேண்டும். (உதாரணமாகத் தொழிற்சாலை மேற்பார்வையாளர்) தொழிற்சாலை மேற்பார்வையாளர் மின் அதிர்ச்சி பற்றிய தகவல் கிடைத்திருந்தால் தற்காலிக ஒளியமைப்பு நோக்கத்திற்காக ஏற்றுக்கொள்ளாத மூலங்களைப் பயன்படுத்துவதை ஒப்புக்கொண்டிருக்க மாட்டார். இறுதியாக விதிமுறைகளின் ஒரு சிறிய மீறுதலால் ஒரு மனிதனின் உயிரிழப்பும் மற்ற விதங்களில் திறமை வாய்ந்த நிர்வாக அலுவலர்களுக்கும் அவர்களின் குடும்பங்களுக்கும் துன்பமும் நேரிட்டன.

இந்தத் துன்ப நிகழ்ச்சியின் சந்தர்ப்பங்கள் நகரத்தின் எல்லாத் தொழிலகங்களிலும் முழுமையாக விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது. முடிவு இது ஒன்றுதான். நிர்வாகம் ஒரு பணியாளரின் உயிரைப் பாதுகாக்கும் பொறுப்பு மேற்கொண்டுள்ளது. ஆகவே நிர்வாக அலுவலர்கள் எல்லா விதிமுறைகளையும் செந்தரங்களையும் முழுப்பொறுப்போடும் துல்லியத்தோடும் கடைப்பிடிக்க வேண்டியுள்ளது. விதிமுறைகளின் ஒவ்வொரு மீறுதலும் சட்டத்தால் தண்டிக்கப்படக் கூடியது. சோவியத் நாட்டின் கடுமையான அதே நேரம் மனிதத்தன்மை வாய்ந்த தொழிலாளர் பாதுகாப்பு சட்டத்தின் சாரம் இதுவே.

சோவியத் நாட்டிலுள்ள தொழிலாளர் பாதுகாப்பு சட்டங்கள் மற்றும் பாதுகாப்பு விபத்து தவிர்ப்பு விதிமுறைகள் இவற்றின் மேற்பார்வைக்கான அமைப்பு பொதுவாக எல்லா விபத்துக்களைத் தடுக்கவும் முக்கியமாக மின் விபத்துக்களைத் தவிர்க்கவும் ஒரு முக்கிய வழியாகும்.

பன்னிரண்டாம் அத்தியாயம்

மின் பாதுகாப்பின் குறிப்பிட்ட பிரச்சினைகள்

12-1. விலங்குகளுக்கான மின்காயங்கள்

மின்னலால் தாக்கப்பட்டுப் பாதிக்கப்படுவது போலவே மின்னோட்டத்தாலும் விலங்குகள் பாதிக்கப்படும் நிகழ்ச்சிகள் நெடுநாட்களாகத் தெரிந்ததாகும். பொதுவாக மின் விபத்துக்கள் ஒரு மின் தொடரின் உடைந்த மின் கம்பி இருக்குமிடத்தையொட்டி நிகழ்கிறது. புள்ளி விவரங்களின்படி முக்கியமாக ஜப்பான் நாட்டில் கிடைத்தவற்றின்படி மிதி அழுத்தத்தால் மனிதர்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் காயங்கள் நேரிடுகின்றன. ஆசிரியர்கள் மின்னல் நிகழ்ச்சிகளின் போது விலங்குகளுக்கு மிதி அழுத்தத்தால் காயங்கள் அதிக அளவில் நேரிடுகின்றன என்று கூறுகிறார்கள். 152 பசுக்கள் கொண்ட கூட்டத்தில் ஒரு இடிப் புயலின் போது 126 பசுக்கள் உயிரிழந்தன. மற்றும் ஒரு இடிப்புயல் 2,000 க்கும் மேற்பட்ட எண்ணிக்கையுள்ள ஆட்டுமந்தை முழுவதையும் அதனை மேய்ப்பவனையும் பலிவாங்கியது.

விவசாயத்தை விரிவாக மின்மயப்படுத்தியதால் அதன் எல்லாப் பிரிவுகளிலும் மின்சாரம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. முக்கியமாகக் கால்நடை வளர்ப்புப் பண்ணைகளில் அவற்றின் உயிரிழப்பு அதிக விகிதத்தில் இருக்கிறது. சாதாரணமாக மிருகங்கள் மனிதர்களுக்கு ஒத்த நிலையிலேயே ஏற்படும் மின் விபத்துக்களால் உயிரிழக்கின்றன. உண்மையில் விலங்குகளுக்கு நேரிடும் மின் விபத்துக்கள் மனித உயிர்களுக்கு அபாயம் விளைவிக்கும் பகுதிகளை வெளிக்காட்டுகின்றன. ஆகவே விலங்குகளுக்கு நேரிடும் மின் விபத்துக்களைத் தெரிந்து கொள்வது அறிவுரை பயக்கவல்லது. ஒவ்வொரு விபத்துக்குப் பின்னுலும் எடுக்கப்படும் பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் மின் மூலங்களின் நம்பகத் தன்மையை அதிகரிக்கின்றன; மற்றும் சாதன முறிவுகளின் எண்ணிக்கையைக் குறைக்கின்றன.

வடமேற்குக் கிராமப்புறப் பகுதியில் விவசாயத்தை இயந்திரப் படுத்துதல் மற்றும் மின்மயமாக்கலின் ஆராய்ச்சிக் கழகத்தில் வீ. சாக்குலின் அவர்களால் மிருகங்களுக்கு ஏற்படும் மின்காயங்கள் பற்றி ஒரு ஆர்வமிக்க ஆய்வு செய்யப்பட்டது. அந்த ஆராய்ச்சியின் முடிவுகள் அவரது கட்டுரையில் [68] வெளியிடப்பட்டுள்ளன.

மனிதர்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் ஏற்படும் காயங்களில் முக்கிய வேறுபாடுகள் யாவை? முதலாவதாக விலங்குள் மிகவும் மோசமான நிலைகளில் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஈரமான இடங்களில் தரை மின் சாரத்தைக் கடத்துகிறது. வெளியே மண் ஈரமாக இருப்பதால்

மின்சாரத்தைக் கடத்தக் கூடும். இரண்டாவதாக ஒரு விலங்கின் முன்னங்கால்களுக்கும் பின்னங்கால்களுக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தால் தீர்மானிக்கப்படும் மதிப்பு ஒரு மனிதனுக்கு அப்படி வெளிப் புறப் பகுதிகளுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைவிட அதிகமாகிறது. மூன்றாவதாக விலங்குகளின் உடல் மூலம் மின்சாரம் பாய்வது இரண்டு பாதைகளின் மூலமாகவே ஒன்று காலில் இருந்து காலிற்கும் மற்றொன்று மூக்கில் இருந்து கால்களுக்கும். ஆனால் கட்டப்பட்டுள்ள கால்நடைகளுக்குக் கழுத்தின் மூலமாகவும் ஒரு பாதை உண்டு. ஆனால் இப்பாதையின் மூலம் உள்ள தடை மயிர்களின் மூலம் மின்னோட்டம் பாய்வதால் அதிகமாகிறது. ஆகவே அப்பாதையில் ஓடும் மின்னோட்டம் குறைவானதே. படங்கள் *12-1, 12-2* மற்றும் *12-3* விலங்குகளுக்குக் காயங்கள் விளையும் மிகப் பொதுவான வகைகளைக் குறிக்கிறது.

படம் *12-1*ல் அதிக தடையுள்ள துணை தரைமின்வாயோடு ஒரு தறுவாய்க் கம்பி தீண்டுதலால் (கடத்தாமை முறிவினால்) ஏற்படும் மின்காயம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதேவிதமான இடர்ப் பாடு இயற்கை தரை இணைப்புத் தடைகள் துணை தரைமின்வாயை விடக் குறைந்த தடையோடு இருக்கும் பொழுதும் தரைமின்வாய் செந்தரங்களின்படி அமைக்கப்பட்டிருந்தாலும் நேரிடுகின்றன.

ஒரு மின் வழங்கு மின்மாற்றியில் உயர் அழுத்த சுருணையின் காப்பீடு பழுது பற்றிய நிகழ்ச்சியின் வகையானது (படம் *12-2* வீ. சாக்குலின் கூற்றின்படி) காயப்படுத்தும் அழுத்தமானது தற்செயல் அழுத்தத்தைப் பொருத்து இருக்கிறது என்று காட்டுகிறது. *10* கிலோவோல்ட்டு மூலங்களின் தரையோடு உள்ள கொண்மத்தை யொட்டி மின்னோட்டம் தீர்மானிக்கப்படுகிறது.

படம் *12-3* (வீ. சாக்குலின் கூறியபடி) ஒரு, ஒரு தறுவாய் ஒளிப்பளு கொண்ட பாதையின் உடைந்த நொதுமிக் கம்பியால் ஏற்பட்ட காயத்தை விளக்குகிறது. நொதுமிக் கம்பி உடையாமலேயே ஒரு தறுவாய்ப் பளு இருந்ததால் விபத்து நேர்ந்திருக்கக் கூடும். ஏனென்றால் இயற்கை தரை இணைப்பு முறைகளின் தடை குறைவாக இருந்திருக்கலாம்.

மேற்கூறிய எல்லாக் காய வகைகளும் ஒரு காப்பு இடைப் பொருளைக் குறிப்பிடுகின்றன. பயன்படுத்தப்பட்ட அந்தக் காப்பு இடைப் பொருள் தண்ணீர்க் குழாய்களின் கடத்தும் தன்மையைத் தடுப் பதற்குப் போதுமானதல்ல. இது விலங்கு காயத்தின் ஆய்வு விவரங்களில் இருந்து தெரிய வரும். தண்ணீரின் அதிக மின்சாரம் கடத்தும் திறனால் மற்றும் தண்ணீர்க் குழாயின் அதிக குறுக்களவினால் தண் ணீரின் மூலம் செல்லும் அழுத்தம் விலங்குகளின் உடல்களில் அபாயமான மின்னோட்டங்களைச் செலுத்தும்.

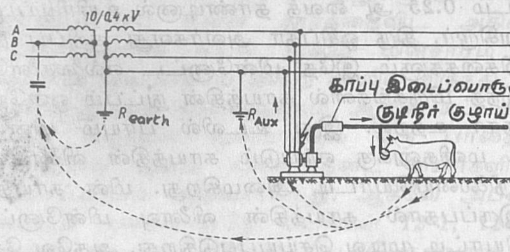
அபாயமான மின்னோட்டத்தை மதிப்பிடுவதில் அடிப்படைவேறு பாடுகள் இல்லை என்பது ஆர்வம் ஊட்டுவதாகும். குறிப்புகள் 68, 111ன் படி இதய நார் உதறலைத் தோற்றுவிக்கும் மின்னோட்டங்கள் (இவை விலங்குகளுக்கு உயிரிழப்பைத் தோற்றுவிக்கும்) கன்றுகளுக்கு

0.2-0.3 ஆ, ஆடுகளுக்கு 0.15-0.2 ஆ மற்றும் பன்றிகளுக்கு 0.17-0.2 ஆ கால்நடைகளோடு சோதனைகள் செய்த கே. இசாக்காவ் மின்னோட்டம் 0.25 ஆ வைத் தாண்டினால் உயிரிழப்பு நேரிடுகிறது என்று கூறுகிறார். திரு ஓசிப்கா அவர்களது குறிப்பு [203] மற்றும் வேறு அறிக்கைகளும் இதே மின்னோட்ட எல்லைகளையே குறிப்பிடு கின்றன. இந்த மிருகங்களில் காயத்தின் நுட்பம் ஒன்றே ஒன்றுதான். அதுவே நார் உதறல். இது உடலில் பாயும் மின்னோட்டத்தால் விளைகிறது. மனிதனுக்கு ஏற்படும் காயத்தின் விளைவு நரம்பு மண் டலத்தின் நிலையையொட்டி அமைகிறது. மின் காயத்தின் நுட்பம் ஒன்றாக இருப்பதால் காயத்தின் விளைவு மின்னோட்டம் பாயும் நேரத்தையொட்டி முடிவு செய்யப்படுகிறது. ஆகவே கே. இசாக்காவ் கால்நடைகளில் உயிரிழப்பு மின்னோட்டம் 0.22 ஆம்பியராகவும் மின்னோட்ட நேரம் 30 நொடிகளைத் தாண்டியும் இருக்கும்பொழுது நேரிடுகிறது என்று கருதுகிறார். குறிப்பு 105ன்படி ஒரு பசு 0.35-0.4 ஆ மின்னோட்டத்தில் 10 நொடிகளில் இறக்கிறது. கன்றுகள் 5 அல்லது 6 நொடிகளில் இறக்கின்றன. காயப்படுத்தும் அழுத்தத்தை மதிப்பிட்ட பொழுது எந்த வேறுபாடுகளும் காணப்படவில்லை. இசாக்காவ் கூறியபடி அது மதிக்கப்பட்ட தொடு அழுத்தம் 20-21 வோல்ட்டு. வீ. சாக்குலின் இதை 25 வோல்ட்டு என்று குறிப்பிடுகிறார். இந்த விவரங்கள் வெளிநாட்டு ஆசிரியர்களது விவரங்களோடும் புலனாய்வு விவரங்களோடும் உடன்படுகின்றன. மனிதர்களைப் போல் அல்லாமல் மிருகங்களின் மேல் செய்யப்பட்ட சோதனை விவரங்களும் புலனாய்வு விவரங்களும் நன்கு உடன்படுகின்றன.

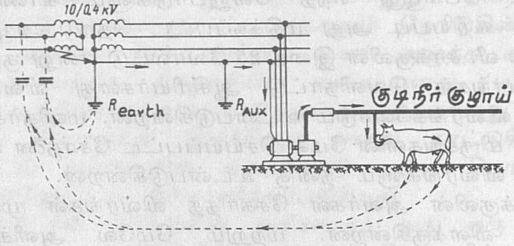
வீ. சாக்குலின் அவர்கள் சேகரித்த விவரங்கள் முன்னர் கூறிய வகைகளை விளக்குகின்றன. மற்றும் மேலே அளிக்கப்பட்டுள்ள கருத்துக்களுக்கு ஆதரவு சேர்க்கின்றன.

நிகழ்ச்சி 12-1. 1967ல் லெனின்கிராடு பகுதியில் ஒரு கால்நடை வளர்ப்புப் பண்ணையில் 23 பசுக்கள் மின்சாரம் பாய்ந்து இறந்தன. அவ்விலங்குகளின் உயிரிழப்பின் நேரடியான காரணம் தானியங்கு நீர் குடிக்கும் பாத்திரங்களில் மின்சாரம் தோன்றியதே. இது மின்சாரம் பாயும் கடத்திக்கும் தண்ணீரைச் சூடாக்கும் குறுக்கு உறுப்பிற்கும் இடையில் தீண்டுதல் நேர்ந்ததால் ஏற்பட்டது.

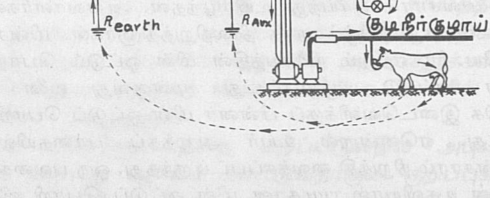
நிகழ்ச்சி 12-2. ஒரு கோழி மற்றும் கால்நடைப் பண்ணையில் 16 கால்நடைகள் மின்சாரம் பாய்ந்து உயிரிழந்தன. ஆய்வாளர்கள் கீழ்க்காணும் சந்தர்ப்பத்தில் விபத்து நிகழ்ந்ததாக நிலைநிறுத்தினார்கள். மின்சாரம் வழங்கப் பட்டவுடனேயே நீர் ஏற்றும் நிலையத்தின் மின் ஓட்டும் பொறியின் இரண்டு தறுவாய்களின் காப்பீடு பழுதுபட்டது. மூன்றாவது வளை கம்பி சரியாக இருந்தது. அதிக இடைவெளிக்குப் பின்னர் மின் ஓட்டுப் பொறிக்கு மின்சாரம் வழங்கப்பட்டது. ஏனென்றால் உயர் அழுத்தப் பாதையில் கட்டுமானப் பணிக்காக மின்சாரம் நிறுத்தி வைக்கப்பட்டிருந்தது. ஒரு பலகையின் மேலுள்ள கத்தி திறப்பான் உதவியால் பழுதான மின் ஓட்டுப் பொறி விலக்கப்பட்டது. பின்னர் கீழ்வரும் இடர்ப்பாடுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. மின் ஓட்டுப் பொறியின் பாதுகாப்பு எரியிழைகளும் மின் வழங்கு பலகையின் எரியிழை



படம். 12-1. தறுவாய்க் கம்பியின் காப்பீடு பழுதினால் துணை தரை மின்வாயின் அதிகத் தடையில் ஏற்பட்ட காயம்
R_{earth} முக்கிய தரைமின்வாயின் தடை; R_{aux} - துணை தரைமின்வாயின் தடை



படம். 12-2. மின்மாற்றியின் உயர் அழுத்த சுருணையின் பழுதால் ஏற்பட்ட காயம்



படம். 12-3. உடைந்த நொதுமிக் கம்பியால் ஏற்பட்ட காயம்

களும் எரியிழை இணைப்புகளின் பகுதி அதிகத்திறன் வாய்ந்ததாக இருந்ததால் இயங்கவில்லை. விளைவாக மின் ஓட்டுப் பொறியின் கூட்டிலும் அதோடு இணைக்கப்பட்ட நீர் ஏற்று இயந்திரம் மற்றும் தானியங்கு குடிக்கும் பாத்திரங்களுக்குச் செல்லும் குழாய்களிலும் ஒரு தொடு அழுத்தம் நெடு நேரமாக இருந்திருக்கிறது. நீர் ஏற்று நிலையத்தின் தரை இணைப்பு தொகுதியின் மூலம் பாயும் குறுக்கிணைப்பு மின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதி தண்ணீர்க் குழாயின் மூலமாகப் பண்ணை லாயத்திற்குத் தவழும் மின்னோட்டமாகச் சென்றது. விளைவாகத் தானியங்கு குடிக்கும் பாத்திரங்களுக்கு அருகேயுள்ள மண்ணில் தோன்றிய அபாய மின் அழுத்தம் கால்நடைகளைக் கொன்றது. தரையின் ஈரத் தன்மையும் சுவர்களின் ஈரமும் இதற்கு உதவின.

குறிப்பில் தெரிந்தெடுத்த வளர்ப்பிற்காக மற்றும் செயற்கை கருத்தரிப்பிற் காக வட்டார நிலையத்தில் உள்ள விலங்குகளுக்கு நேரிட்ட உயிரிழப்பை விவாதிக்கிறது. நான்கு காளைகள் மின் காயத்தால் உயிரிழந்தன. இந்நிகழ்ச்சி யில் தானியங்கு குடிக்கும் பாத்திரங்களுக்கும் பண்ணையின் தரைக்கும் உள்ள அழுத்தம் 50-80 வோல்ட்டு ஆகும்.

மேலே குறிப்பிட்ட விலங்குகளின் மேலான மின்னோட்ட விளைவு நிகழ்ச்சிகள் அவற்றின் காரணத்தை அவையே விளக்குகின்றன. இவற்றின் எண்ணியல் மதிப்பீடு மிகவும் கடுமையான பிரச்சினை யாகும். விவசாயத்துறையில் உயிரிழப்பு விபத்துக்களை அறிவிப்பது மனிதர்களைப் பொருத்த மட்டில் திருப்திகரமாக இருந்தாலும் விலங்கு களைப் பொருத்த வரையில் அவ்வாறு இல்லை. உண்மையில் விலங்கு களின் உயிர் இழப்பு விபத்துக்கள் பதிவு செய்யப்படுவது இல்லை. சில நேரங்களில் தடையங்கள் ஏதும் இல்லாததால் அது மின்இயல் உயிரிழப்பு என்று நிலைநாட்டப்படுவதில்லை. லெனின்கிராடு பகுதியில் ஒரு பண்ணையில் 43 பசுக்கள் மின்சாரம் பாய்ந்து உயிர் இழந்த போது மின்சாரத்தாலேயே உயிரிழப்பு நேரிட்டது எனும் உண்மை பிணப் பரிசோதனையில் மிருகங்களின் உடல்களில் மின் குறிகளைப் பார்த்தபொழுது தான் உறுதி செய்யப்பட்டது. அநேக நிகழ்ச்சிகளில் மின்காயத்தின்போது மின்குறிகள் தோன்றுவது இல்லை.

1964-67ம் ஆண்டுகளில் இவ்வாசிரியர் விலங்குகளுக்கு நேரிட்ட உயிர் இழப்பு விபத்துக்கள் பற்றி 29 நிகழ்ச்சிகளை வெளியிட்டார். (பெருமளவு நிகழ்ச்சிகளில் இந்த விவரங்கள் அலுவலக அறிக்கையில் அல்லாது சாட்சியங்களின் நேரடி வாக்கு மூலங்களின் வழியாகப் பெறப்பட்டன) இந்த மூன்று ஆண்டுகளில் சோவியத் நாட்டில் மின்சாரம் பாய்ந்து உயிரிழந்த விலங்குகள் குறிப்பாகக் கால்நடை களின் எண்ணிக்கை 520 ஆகும். இதையும் சரியானது என்று கொள்ளமுடியாது.

நாம் ஏற்கனவே குறிப்பிட்டபடி விலங்குகளின் உயிரிழப்பு மனிதர் களுக்கு அபாயமான நிலைமைகளைக் குறிப்பிட்டுக் காட்டுகிறது. மேலே கூறிய உதாரணங்கள் இக்கருத்தை நன்கு விளக்குகின்றன. விபத்துக்களின் ஆய்வு, இடர்பாடுகளின் காரணங்களின் சாத்தியக் கூற்றை வெளிப்படுத்தின. இவை தண்ணீர்க் குழாய் வழியாக மின்

அழுத்தம் செலுத்தப்படுவது மற்றும் காப்பீடு செய்யப்பட்ட இடைப் பொருளின் தவறுன அளவு தண்ணீரின் கடத்தும் திறன் மூலம் அது வலு விழுந்தது. தண்ணீர் வழங்கும் தொகுதி தண்ணீர் மூலம் மின் அழுத்தம் வராத அளவு புதிதாக அமைக்கப்பட வேண்டும். அதே போன்று கால்நடைப் பண்ணையின் உலோகப் பகுதி மூலம் மின் அழுத்தம் செலுத்தப்படுவதும் அபாயமானதே. இந்தப் பண்ணைகளில் உள்ள தரை இணைப்பு கவனமாக அமைக்கப்பட வேண்டும். ஏனென்ருல் நல்ல தரை இணைப்பு பயனைத் தருகிறது.

ஆனுல் மனிதனுக்கும் மிருகத்திற்கும் அபாயமான நிகழ்ச்சிகளைத் தவிர்க்க உதவுவது பாதுகாப்புதுண்டிப்பு முறைகளைப் பயன்படுத்துவதே. "விவசாயத்தில் பாதுகாப்பு துண்டிப்பே முக்கிய பாதுகாப்பு முறையாகும்".

மேற்கூறிய உதாரணங்கள் மின்சாதனங்களைக் கையாளுபவரின் குறைந்த திறனையும் போதுமான பயிற்சியின்மையும் காட்டுகின்றன. அடிப்படை மின்பாதுகாப்பு தேவைகளைக் கடைப்பிடித்தலின் மூலம் இதனை மேம்படுத்தலாம். "விவசாயத்துறையில் மின்மயப்படுத்துதல் அதிக அக்கறையை அவசியமாக்குகிறது".

சிறப்பாக அமைக்கப்பட்ட மூடு வடங்கள் மற்றும் துண்டிப்பு முறைகளின் பல்வேறு வகைகள் தேவைப்படுகின்றன. விவசாயத்தில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்கள் பணிக்கு எளிதாக இருக்க வேண்டும். அவற்றைப் பயன்படுத்தும் நபர்களின் தரங்கள் மேம்படுத்தப்பட வேண்டும். மேற்கூறிய குறைபாடுகளையும் மின் சாதனங்களின் பல்வேறு வகைகளை விவசாயத்தில் பயன்படுத்துவதையும் கருதி மின் சாதனங்களைப் பாதுகாப்பாகக் கையாளுவதற்கான அடிப்படை விதிகளைக் கிராமப்புற மக்கள் மற்றும் நகரத்துப் புதிய தோட்டக்காரர்கள் இடையே பரப்புவது உடனடித் தேவையாகிறது.

12-2. தந்தி, தொலைபேசிக் கம்பிகளில் தூண்டப்படும் மின் அழுத்தங்களிலிருந்து மனிதர்களைப் பாதுகாத்தல்

தூண்டப்படும் மின் அழுத்தங்களிலிருந்து மனிதர்களைப் பாதுகாக்கும் பிரசினை சோவியத் நாட்டின் 1925-1926 ஆண்டுகளில் 110 கிலோ வோல்ட்டு மின் தொடர்களை அமைத்ததின் விளைவாகத் தோன்றியது. செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களில் மற்றும் சாதனங்களில் அழுத்தங்கள் தூண்டப்படும் நிகழ்ச்சி தற்காலிக நிலைகளிலோ (மின் பாதைகளில்) திறப்பான்களின் இயக்கங்களின் போதிலோ நேரிடலாம். தூண்டப்படும் மின் அழுத்தங்கள் அழுத்தங்களின் மூலங்கள் மின்சார போக்குவரத்து பகுதியின் டிராலி ஊர்தி அமைப்பினுல் இருக்கலாம். (இயக்க மற்றும் அவசர நிலைகளில் மாறுமின்னேட்டத்தையும் ஏதாவது சில அவசர நிலைகளில்தான் நேர் மின்னேட்டத்தையும் பயன்படுத்துகின்றன).

தூண்டப்படும் அழுத்தங்கள், குறுக்கீட்டு அழுத்தங்கள், அபாய அழுத்தங்கள் ஏனும் இரு பிரிவுகளாக வகுக்கப்படும். குறுக்கீட்டு அழுத்தங்கள் தொலைபேசியின் காதுப் பகுதியில் வெடிச் சத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன; பிணைப்பியக்கம் மற்றும் அபாய ஒலிகளின் தவறான இயக்கங்களை ஏற்படுத்துகின்றன. மற்றும், தந்தி அனுப்புதலை சீர் குலைக்கின் றன. அபாய அழுத்தங்கள் எனப்படுபவை மின்னியல் ஒளி இயல் மற்றும் எரிபுண்களை ஏற்படுத்துகின்றன. அல்லது சாதனங்களுக்கு ஊறு விளைக்கின்றன. சாதாரணமாக அபாய அழுத்தங்கள் அவசர நிலை களிலேயே ஏற்படுகின்றன. (1,000 வோல்ட்டிற்கு மேலுள்ள மூலங் களில் குறுக்கிணைப்புகள், கம்பிகள் உடைதல் போன்றவை) குறுக்கீட்டு அழுத்தங்கள் அவசர காலங்களில் மட்டுமில்லாது சாதாரண இயக்க நிலைகளிலேயே மின்பாதைகளின் திறப்பான்களின் செயல்பாடு விளை வாகவும் தோன்றுகின்றன.

தூண்டும் அழுத்தத்தால் மின்காயம் நேரிடும் சாத்தியக் கூறைத் தவிர்ப்பதற்கான பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் விதிமுறைகளில் [64] விளக்கப்பட்டுள்ளன. தூண்டு அழுத்த பாதுகாப்பு பற்றிய பிர சினைகளை விவாதிக்கும் வெளியீடுகள் உள்ளன. அபாய நிலைகளுக்கு விரிவான கவனம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. (இடிப்புயல்கள் மற்றும் மழையின் போது வேலை பார்த்தல்) அபாய விளைவுகளைத் தவிர்ப் பதற்காக இடிப்புயல்களின்போது செய்திப் பாதைகளில் எந்தவித இயக்கமும் செய்வது தடை செய்யப்பட்டுள்ளது. சாதாரணமாக ஈரமான மற்றும் மழையின் த்ப்ப வெப்ப நிலையில் எந்த இயக்கமும் செய்யக் கூடாது. மழையின்போது ஒரு முறிவு நேரிட்டால் கூடுதலான பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்.

வேறு தேவைகளைப் பொருத்த மட்டில் விதிமுறைகள் மின் தொடர்களுக்கு அடியே பல கம்பி கடத்திகளை விரிப்பதையோ பரத்துவதையோ தடை செய்கிறது. தரையில் தொடர்க் கம்பிகளை அவற்றின் மொத்த நீளம் 600 மீட்டருக்கு மேல் இருந்தால் பணியாளர்கள் தொடுவது கூடாது.

விதிமுறைகளில் [94] பத்தி 11-5--149 இல் குறிப்பிட்ட தேவைகள் பாதுகாப்பு முறைகளை ஒரு முனைப்படுத்துவதற்குக் காரணமாயின. அவை கூறுவதானது "ஒரு உயர் அழுத்தத் தொடர் மேல் மட்ட செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களுக்கு இணையாகச் சென்றால் அவற்றின் மிக அருகில் உள்ள கம்பிகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் உயர் அழுத்தத் தொடர் செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களில் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைப் பொருத்தது. ஆனால் அது எப்பொழுதும் மிக உயர மான உயர் அழுத்த தாங்கி அமைப்பின் உயரத்திற்குக் குறையக் கூடாது".

இந்த அபாயத்தையொட்டி மேற்கொள்ளப்பட்ட உயர்ந்த பாது காப்பு செந்தரங்கள் செய்திப் பாதைகளில் தூண்டு மின் அழுத் தத்தால் ஏற்பட்டிருக்கக்கூடிய மின் காயங்களைச் செயல் அளவில்

நீக்கிவிட்டன. 1945-80க்குள் 35 ஆண்டுகாலத்தில் செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களில் மின்னழுத்தம் தூண்டப்பப்பட்டதால் ஒருசில காயங்களே ஏற்பட்டன [85].

ஆகவே செய்திப் பாதைகளில் மின்னழுத்தம் தோன்றுவதால் ஏற்படும் அபாயங்கள் பற்றிய பாதுகாப்பு பிரசினை பற்றி இனியும் பேசுவது தேவையற்றதாகத் தோன்றலாம். ஆனல் பல காரணங்களால் அது அவ்வாறு இல்லை. முதலாவதாக மின்சக்தி, அதனல் ஒரு துருவ தீண்டுதல் மின்னேட்டங்கள் வேகமாக வளர்கின்றன. இரண்டாவதாக ரயில்வே போக்கு வரத்தின் மின்மயமாக்குதல் மாறு மின்னேட்டத்தையே பயன்படுத்துகிறது. அப்போது சாதாரண இயக்க நிலைகளிலேயே மின்னழுத்தம் தூண்டப்படக் கூடும்.

இவ்விஷயத்தின் கருப்பொருள் யாது? முக்கியமாகச் செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களில் மேல் மட்டப் பாதைசள் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் பற்றிய மதிப்புகளுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட ஆரம்ப விவரங்கள் பற்றிய கருத்து முரண்பாடுகளாகும். இந்த மதிப்பீடு பொதுவாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. ஆனல் விதிமுறைகள் அனுமதிக்கக்கூடிய தூண்டல் மின்னழுத்தங்களுக்கான பாதுகாப்பு மின்னேட்டத்தைக் குறிப்பிடவில்லை. ஏற்கெனவே வெளியிடப்பட்டுள்ள பாதுகாப்பு எல்லைகள் 5 முதல் 8 மடங்குகள் வரை வேறுபடுகின்றன. மதிப்பிடப்படும் அழுத்த மதிப்பைப் பற்றியும் கருத்துக்கள் வேறுபடுகின்றன. இதற்கிடையில் இந்த ஆரம்ப விவரங்கள் மேல்மட்ட மின் தொடர்களுக்கும் செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களுக்கும் இடையே உள்ள பாதுகாப்பான தூரத்தைக் குறிப்பிட உதவுகின்றன. இறுதியாக இந்த விவரங்கள் அறிமுகப்படுத்த வேண்டிய அடிப்படை மின் பாதுகாப்பு முறைகளின் செலவையும் நோக்கையும் நிர்ணயிக்கின்றன.

மிகவும் பிரதி கூலமான சந்தர்ப்பங்களில் இருந்து நமது மதிப்பீடுகளைத் துவக்குதல் சரியா? (காயத்தின் பிரதிபலிப்பு நுட்பம் கவனமில்லாமை, உடலின் பலவீனமான பாகங்களில் தீண்டுதல் நேரிடுவது) அது சரியல்ல. குறிப்பாகக் குறைந்த பட்ச விட்டுவிடு மின்னேட்டத்தை (10 மி. ஆ) பயன்படுத்தி மேற்கூறிய காரணிகளை மதிப்பிடுவதே சரியாகும். இந்த மின்னேட்டத்தைப் பொருத்தவரையில் பல ஆசிரியர்களின் கருத்துக்கள் உடன்படுகின்றன. ஆகவே தூண்டுதல் அழுத்தங்களின் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பு அதிக அளவில் உயர்த்தப்பட வேண்டியதே. (எப்படியாயினும் அது 250/300 வோல்ட்டிற்கு) உயர்த்தப்பட வேண்டும். அல்லது காப்புப் பொருளின் மின் செறிவிற்கு (1.5-2 கிலோவோல்ட்டு) உயர்த்தப்பட வேண்டும்.

மேலும் ஒரு முக்கிய காரணியை வலியுறுத்த வேண்டும். ஒரு தாங்கியின் மேல் நின்று கொண்டு இருக்கும் ஒரு குறிகாட்டும் பணியாளர் ஒரே நேரத்தில் செய்திக் கம்பிகளில் தூண்டப்பட்ட மின்னேட்டங்களாலும் மற்றும் மின் தொடர்களுக்குக் குறிப்பாக

முக்கிய பாதைகளுக்கு உரித்தான மின்காந்தப் புலத்திலுைம் பாதிக்கப் படலாம். மனிதன் மேல்புலம் ஏற்படுத்தும் விளைவு இருவகையானது. உடலில் மின்னேட்டங்களைத் தூண்டுதல், உடலின் சில பாகங்களில் இறுக்கத்தை ஏற்படுத்துதல்.

செய்திப் பாதையில் வேலை பார்க்கும் பொழுது வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்திய ஒரு பாதுகாப்பு முறையை இங்கு குறிப்பிடுவோம். இது உலோகத்தால் ஆன கடத்தக்கூடிய பாதுகாப்பு உடையாகும். இத்தகைய உடைகள் போர்க்காலத்தில் மின்சாரத் தடைகளைத் தாண்டிச் செல்வதற்கு விரிவாகப் பயன்படுத்தப்பட்டன. இவ்வுலோக உடை மூடப்பட்ட மின்சாரத்தால் இணைக்கப்பட்ட தொகுதியானதால் (கடத்தி பொருட்கள் இழையினுள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன). கடத்தும் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. இந்த உடையானது உடலின் வெளிப் புறத்தில் சம மதிப்புள்ள சம அழுத்தங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. அது மனித உடலின் மேல் புல விளைவை முழுமையாகத் தவிர்க்கிறது. உலோக உடைக்குப் பதிலாக ஒரு கடத்தக்கூடிய ஆடையையும் பயன்படுத்தலாம். இத்தகைய துணிகள் சோதனைகளுக்காக ஏற்கெனவே உற்பத்தி செய்யப்பட்டுள்ளன. புதிய இழைகளை உற்பத்தி செய்யும் நிகழ்ச்சிகளுக்கு இடையிலோ அல்லது உற்பத்தி செய்த துணியில் பூச்சுக்களின் மூலமோ திரைத் தடை விளைவைத் தோற்றுவிக்கும் கடத்தும் தன்மையைப் பெற இயலும்.

இவ்வாறு செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களை மின் தொடர்களுக்கு அருகே கொண்டு செல்லுதல் பாதுகாப்புக் கண்ணோட்டத்திலே ஒரு குறிப்பிட்ட பிரச்சினையாகிறது. மின் பாதுகாப்பின் பொதுத் தேவை களும் இங்கு கையாளப்பட வேண்டும். செய்திப் பாதைகளின் தரை இணைப்பு உபாயங்களில் உயர்ந்த வகை காப்புப் பொருளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். பணியாளர் தொடக்கூடிய மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளில் பாதுகாப்புக் காப்பீடு விரிவாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் பலப்படுத்தப்பட வேண்டும். கைகளின் பலவீனமான பகுதிகளைக் காக்கும் காப்புக்கையுறைகள், காலணிகளின் காப்பீடு செய்யப்பட்ட உள்ளடிப் பொருள், உலோக உடைகள் போன்ற காப்பு ஆடைகளும் கூடுதலான பாதுகாப்பு முறைகளில் அடங்கும்.

மின்னியல் செய்திப் பாதைகளில் தூண்டப்படக்கூடிய மாறுபடும் மின்காந்தப் புலத்தின் விளைவாக மனிதர்களுக்கு ஏற்படும் விபத்துக் களை இப்போது பார்த்தோம். நமது விவாதம் செய்தித் தொடர்புத் தொடர்களையொட்டியே அமைந்தாலும் இத்தகைய காயங்கள் வேறு இடங்களிலும் நிகழக்கூடும். வீடுகளில் உள்ள மின்னல் இணைப்பு தொகுதியிலோ, தொழிலக மின் தொடர்களிலோ, மின்மயமான போக்குவரத்திற்கான மின் தொடர்களிலோ இவை நேரிடலாம். நிலை மின்புல அழுத்தங்களால் ஏற்படும் காயங்களைப்பற்றி கருதுவது முறையாகும். இத்தகைய முதல் காயம் 1920ல் ஆண்டுகளின் பிற்பகுதியில் அறிவிக்கப்பட்டது. வோல்காவில் அமைக்

கப்பட்ட முதலாம் புனல் மின் நிலையத்தில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின் சக்தியைப் பெறுவதற்காக வடிவமைக்கப்பட்ட மூடுகம்பி வடப்பாதைகளை இயக்கும் பொழுது சரி செய்யும் இயக்கங்களின் போது இந்தக் காயம் நேரிட்டது.

நிகழ்ச்சி 12-3. ஒரு சோதனையாளர் குழு ஒரு அளவீட்டுப் பாலத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு *35* கி. வோ மூடுவடத்தின் அடிப்படை அலகுகளை அளவிட்டுக் கொண்டிருந்தது. அளவீட்டுப் பாலம் சாதாரண *110* வோ மின் கலத்தின் மூலம் சக்தியைப் பெற்றுக்கொண்டிருந்தது. அளவீடுகள் முடிந்தவுடன் சோதனையாளர்களில் ஒருவர், சோதனை அமைப்பைப் பிரிக்கும் பொழுது, "மூடுவடத்தில் மின்சாரம் இருக்கிறது" என்று குரல் எழுப்பி விழுந்தார் அவரை உயிர்ப்பிக்கச் செய்த முயற்சிகள் வீணாயின. அந்தக் கடுமையான நிகழ்ச்சியில் கீழ்க்காணும் சந்தர்ப்பங்கள் வெளியாயின. *35* கி. வோ வடத்தில் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படவில்லை. இந்த வடத்தின் இறுதிமுனை உள்ள துணைமின் நிலைய அறை பூட்டப்பட்டிருந்தது. "ஆட்கள் வேலை செய்கிறார்கள் திறப்பானை மூடாதே" எனும் எச்சரிக்கைப் பலகை மாட்டப்பட்டிருந்தது. தரையோடு அதிக கொண்மம் கொண்டிருந்த வேலியின் தரை இணைப்புத் தொகுதிக்கும் வடத்தின் உட்பகுதிக்கும் இடையே தோன்றிய அழுத்தத்தால் பாதிக்கப்பட்டவர் உயிரிழந்தார். அளவீட்டுப் பால மின்கலத்தினால் அழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டது என்று பின்னர் காணப்பட்டது. வடம் மற்றும் அளவீட்டுப்பாலத்தின் தரமான காப்புத் தன்மையால், வடத்தின் தரையோடு அமைந்த அதிக கொண்மத்தில் குறைந்த கசிவு மின்னோட்டத்தையே அளித்தது. ஆகவே மின்னழுத்தத்தைத் தக்க வைத்திருந்தது. பாதிக்கப்பட்டவரின் பலவீனமான இடங்களின் மூலம் மின்னோட்டப் பாதை அமைந்தது.

வடங்கள் நேர் மின்னோட்ட உயர் அழுத்தச் சோதனை செய்யப் பட்டு அதிக நேரத்திற்குப் பின்னரும் மின் அழுத்தத்தைத் தக்க வைத்துக் கொண்டிருப்பது நெடு நாட்களுக்கு முன்னரே நிலைநிறுத்தப் பட்டுவிட்டது. வட சோதனைகளுக்கான அறிவுரைகள், வடத்திலுள்ள மின் ஏற்பு நன்கு தரை இணைப்புச் செய்யப்பட்ட தரைக் கடத்தியைக் கொண்ட காப்புக் கம்பியின் துணையால் தரைக்கு அகற்றப்பட வேண்டும் என்று குறிப்பிடுவது இதனால்தான். சோதனைகள் முடிந்த பிறகு இவ்வாறு தடையில் மின் ஏற்பைச் செலுத்துவது இரண்டு அல்லது மூன்று முறைகள் செய்யப்பட வேண்டும். ஏனென்றால் மூடு வடங்களின் உயர்ந்த கொண்மத்தின் ஏற்பினை போக்குவதற்கு ஒருமுறை நில இணைப்பு செய்வது போதாது.

நிகழ்ச்சி 12-4. சக்திக் காரணியை மேம்படுத்துவற்கு ஒரு தொழிலகத்தில் வைக்கப்பட்டிருந்த கொண்மியைப் பழுது பார்க்க முற்பட்ட ஒரு மின் பணியாளர் உயிரிழந்தார். காயம் ஏற்பட்ட சமனியில் எல்லாக் கொண்மங்களையும் ஒருங்கிணைக் கும் இணைப்பில் பழுது இருந்தது. கொண்மி அடுக்கின் பொது தரை இணைப்பு செய்த பின்னரும் பழுதான கொண்மம் தனது மின்சக்தியைத் தக்க வைத்திருந்தது. பழுதுபார்க்கும் வேலை துவங்கியதற்குச் சற்றுமுன்னர்தான் அந்தத் தவறு நேர்ந் திருக்க வேண்டும்.

புலனுய்வின்போது மின்னேட்டப் பாதையையும் அதன் அலகுகளையும் மாதிரிப்படுத்தியது மின் பணியாளரைக் கொன்ற மின்னழுத்தம் 100 வோல்ட் டிற்குட்பட்டது எனக் காட்டியது. அறிவுரைகளின்படி வேலை பார்ப்பதற்கு முன்னர் கொண்மித் தொகுதியினை தரை இணைப்பு செய்த மின் பணியாளருக்கு இந்த அழுத்தம் தெரிந்திருக்காது.

விதிமுறைப்படியான மின் வெளியீட்டுக் கோளங்களைக் கொண்டு உயர் அழுத்தச் சோதனைகள் செய்யும் உ. அ. சோதனைச்சாலையாளர்கள், கோளங்களுக் கிடையே மின்சக்தி வெளியாகும்பொழுது மின் அதிர்ச்சி உணர்ச்சிகள் ஏற்படுவதாக அடிக்கடி புகார்கள் செய்தனர். அந்தக் காரணத்தைக் கண்டு நீக்குவது கடினமானது. ஆகவே அதிர்ஷ்டவசமாகத் தீவிரமான காயங்கள் எதுவும் இவ்வகையில் அறிவிக்கப்படவில்லை. மில்லியார்டு அளவுகளில் கொண்மம் கொண்ட பொருள்கள் அடங்கியுள்ளன. மின்சாரம் பெறும் மற்றும் செலுத்தும் சாதனங்களில் உள்ள அளவீட்டுக் கருவிகளில் சரிபார்க்கும்போது இந்நிலை இதைவிடக் கெடுதலானதே. திறன் பெருத இயக்கப் பணியாளர்கள் சாதனத்தை மின் மூலத்திலிருந்து துண்டித்தவுடன் மின் கொண்மிகளின், மின் சக்தியினை நிலத்தில் செலுத்தாது வேலைகளைத் துவக்குகின்றனர். ஒவ்வொரு சமயம், மின்சக்தியுள்ள கொண்மிகளைத் தீண்டுதல் கடும் விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

இந்த அத்தியாயத்திலும் மின்காயத்தின் உதாரணங்கள் கொடுக் கப்பட்டுள்ளன. அந்த வரையறைக்குள், காயத்தின் விளைவு, சுவாசத் தொகுதி மற்றும் ரத்த ஓட்டத் தொகுதிகளை இயக்கும் பெருமூளைப் பகுதிக்கு ஏற்படும் பாதிப்பையொட்டி ஏற்படுகிறது. என்ற கோட் பாட்டினுல் அந்த விபத்துக்களை விளக்கலாம். முன்னரே குறிப்பிட்டது போல மத்திய நரம்பு மண்டலத்தைத் தீண்டும் ஒரு சிறிய மின் அலையே பெருமூளையில் காயம் விளைக்கப் போதுமானது. விழிப்புக் காரணியானது மூளையின் உயிரணுக்களுக்கு அதிகமான ரத்தத்தை அளித்து மின் அலையின் விளைவு பரவாமல், தீய பின்விளைவுகளோ, கடுமையான விளைவுகளோ நேரிடாது பாதுகாக்கிறது.

முன்னர் கூறிய உதாரணங்கள் இதற்குப் போதுமான நிருபணத்தை அளிக்கின்றன.

12-3. இயக்கப்பட்டுள்ள உயர் மின்னழுத்தத் தொடர்களிலும் துணைமின் நிலையங்களிலும் வேலை செய்யும் ஆட்கள் மேல், மின்சார மின்காந்தப் புலங்களின் விளைவுகள்

மின்தொடர்களின் அழுத்தங்களை அதிகரிப்பது ஒவ்வொரு பாதை யின் மூலமும் செல்லும் மின்சக்தியை அதிகரிக்கிறது. 220 கி. வோ முக்கியமாக 380 மற்றும் 500 கி. வோ பாதைகளின் ஒவ்வொரு துண்டிப்பும் அவை மேற்பார்வைக்காகவும் தவிர்ப்புப் பராமரிப்பிற் காகவும் இருந்தபோதிலும் மின் வழங்கு அமைப்பு முழுதிலும் உள்ள இயக்கத்தைப் பாதிக்கிறது. ஆகவே தான் மின்துண்டிப்பு இல்லாமல் மின் பாதை சாதனங்களில் பராமரிப்பு இயக்கங்களை மேற்கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது. அல்லது மற்ருெரு மின்சாரம் பாயும் பாதைகளுக்கு மிக அருகே வேலை செய்ய

வேண்டியிருக்கிறது. இரண்டாம் உலகப் போர் காலத்திலேயே உரால் பகுதியில் மின்சாரம் உள்ள பாதைகளைப் பயனுள்ள வேலை பார்க்கக்கூடிய அளவில் கையாளுவது எப்படி என்று ஆராயப்பட்டது. இந்த ஆராய்ச்சி, குறிப்பு [192]இல் காணப்படுவதுபோல் வெற்றிகரமாக முடிந்தது. மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில் வேலை செய்வது வெளிநாடுகளிலும் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகிறது.

கையால் கம்பியை நேரடியாகத் தொடுவதற்கான முறைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில் பழுது பார்த்தலும் பராமரித்தலும் தடையற்ற பணியையும் மின் வழங்குதலின் நம்பகத்தன்மையையும் மேம்படுத்தியுள்ளன. இந்த முறையானது இயக்கத்திலுள்ள சாதனங்களின் பழுது பார்க்கும் எல்லையைப் பெருக்குகிறது. அதே நேரத்தில் அப்பணியைப் பாதுகாப்பானதாகவும் சௌகரியமானதாகவும் ஆக்குகிறது. முக்கியமான இயந்திரப் பகுதிகளும் தொகுப்புகளும் தயாராகக் கையாளும்படி உள்ளன. மின்சாரம் பாயும் கம்பி உட்பட்ட பகுதிகளைத் தீண்டுகின்ற இயக்கங்களைச் செய்யும் பணியாளர்கள் அதிகபட்ச புல வலுவினால் பாதிக்கப்படுவர். அது மெல்லிய எரிச்சலூட்டும் செயல், மயிர்க்கூச்செரிதல், நகரும் திறன் பாதிக்கப்படுதல் போன்றவற்றால் வெளியாகும். இவையெல்லாம் தனிப்பட்ட செயல்களே. ஒரு மனிதனின் வேலை பார்க்கும் திறனைக்கூடப் பாதிப்பதில்லை.

உயர் அழுத்த சோதனை அமைப்புக்களைப் பராமரிக்கும் அளவீட்டுப் பணியாளர்களாலேயே உடல் நலத்தில் களம் ஏற்படுத்திய தீய விளைவுகள் பற்றிய முதலாம் புகார்கள் 1930ம் ஆண்டுகளிலேயே தெரிவிக்கப்பட்டது ஆச்சரியமான உண்மை. அந்த இடர்ப்பாடுகள் தற்காலிகமானவையே. உயர் அழுத்தப் புலத்தை விட்டுச் சென்றவுடன் அவர்கள் உடல் நலம் சரியாயிற்று. பணியாளர்களைப் பரிசீலனை செய்தபொழுது ஒன்றும் காண இயலவில்லை. இதன் மூலம் சோதனை அமைப்புக்களை இயக்கும்போது காற்றில் ஓசோன் உண்டாவதின் மூலமே மனித உடல்நலத்தில் இயக்கப் பாதிப்பு ஏற்படுகிறது என்று ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது. விரைவில் இந்த ஏற்பும் கைவிடப்பட்டது. ஏனென்றால் பணியாளர்களைப் புல விளைவினின்றும் பாதுகாப்பதற்கு உலோகப் பலகைகளைத் திரைகளாகப் பயன்படுத்தியது இந்தப் புகார்களைத் தடுத்தது. மின்காந்தப் புலத்திலிருப்பது மனித நலத்தைப் பாதிக்கக்கூடியதா எனும் பிரசினை இன்னும் முடிவாகவில்லை.

500-750 கி. வோ வரை அழுத்தங்கள் கொண்ட மின் செலுத்தத் தொடர்களையும் துணைமின் நிலையங்களையும் இயக்குதலும் இதற்கும் மேற்பட்ட அழுத்தங்களை இனிப் பயன்படுத்தவிருப்பதும் உயர்ந்த செறிவுடைய மின் மற்றும் மின்காந்தப் புலங்கள் மனிதன்மேல் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைப் பற்றிய விரிவான ஆராய்ச்சியைத் தேவையாக்குகின்றன. ஆராய்ச்சியானது பாதுகாப்புத் தேவைகளோடு தொடர்பு கொண்டது. இதுவரை வெளியிடப்பட்டுள்ள நூல்களில்

உயிர் உறுப்புக்களின் மேல் மின்புல விளைவுகள் பற்றிய விவரங்கள் யாதுமில்லாததால் சிறப்பான ஆராய்ச்சி தேவைப்படுகிறது. அமெரிக்க நாட்டில் கவ்வன்ஹோவன் இந்த ஆராய்ச்சியை மேற்கொண்டு செய்து முடித்தார் [117], சோவியத் நாட்டில் இது லெனின்கிராடில் அனைத்துச் சங்க தொழிலாளர் பாதுகாப்புக் கழகத்தால் செய்யப்பட்டது. இவ்வாராய்ச்சியின் முக்கியத்துவம் தானாக விளங்கும். புலச் செறிவால் மனிதனுக்கு ஏற்படக்கூடும் அபாயங்களின் அளவுகள் பற்றிய அறிவுகள் இல்லாமை மிக அதிக அழுத்தங்களின் தொழில் பயனீட்டைத் தடை செய்கிறது.

மேற்கூறிய ஆராய்ச்சி கீழ்க்காணும் பொருள்களைப் பற்றி மேற்கொள்ளப்பட்டது. *(1)* மின் புலங்களில் வேலை பார்ப்போர்களின் முழுமையான மற்றும் விரிவான மருத்துவ உடலியல் பரிசிலனை; அவர்களது புகார்கள் பற்றிய ஆய்வு. *(2)* மிருகங்களின் மீது மின்புல விளைவுகள் பற்றிய ஆய்வு. *(3)* வேலையகங்களில் புலச் செறிவின் பரவல் பற்றிய போதுமான கருவிகள் கொண்ட அளவீடு. *(4)* பல்வேறு வடிவமைப்புகள் கொண்ட மின் தொடர்களின் மின்னோட்டப் பாதைகளது மற்றும் உயர் அழுத்த உபமின் நிலையங்களின் புலச் செறிவு பற்றி ஆய்வு.

இவ்வாராய்ச்சியின் முடிவுகளை அளிப்பதற்கு முன்னால் இந் நாட்டில் புல விளைவுகள் பற்றிய ஆராய்ச்சியை வழிகாட்டிய பூ. முரோசோவ் அவர்களால் தெளிவாகக் குறிப்பிடப்பட்ட விவாதிக்கப்பட்ட பொருளுக்கு வேறுபட்ட அணுகுமுறையை வாசகர்களின் கவனத்திற்குக் கொண்டுவர விரும்புகிறோம். சில நாடுகளில் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆராய்ச்சியின் இறுதி நோக்கம் மனிதர்கள் இழந்த நேரத்தை நிர்ணயிப்பதும் காயப்பட்டவர்கள் பெறவேண்டிய ஈட்டுத் தொகைகளை நிர்ணயிப்பதுமேயாகும். ஆனால் சோவியத் நாட்டில் நேரம் இழக்காத நிலைகளையும் உள்ளிட்டுப் புல விளைவுகள் பற்றி விரிவான ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ளப்பட்டது.

விலங்குகளின் மீது புல விளைவுகளின் புலனாய்வுகளின் மூலம் பெறப்பட்ட ஆராய்ச்சி முடிவுகளில் சிலவற்றை இங்கு பார்ப்போம். எலிகளின் மீது அதிக வலுவுள்ள மின்புலங்களின் விளைவுகளை நிர்ணயிப்பதற்காக ஒரு புதிய அமைப்பு தயாரிக்கப்பட்டது. *[117,31]* அந்த அமைப்பின் இரு புறங்களிலும் 6.3 மி.மீ கம்பி வலைகள் கொண்ட உலோகத் திரைகள் இருந்தன. இரு திரைகளிலும் 3 கிலோவோல்ட் அழுத்தமுள்ள ஒரு மூலம் இணைக்கப்பட்டது. திரைகள் காப்புத் தாங்கிகள் மேல் வைக்கப்பட்டு இருந்தன. கரோனா விளைவைக் குறைப்பதற்கும் அதனால் ஓசோன் உண்டாவதைத் தடுப்பதற்கும் கூர்மையான கோணப் பகுதிகளும் நீட்டிக்கொண்டிருந்த பகுதிகளும் மட்டப்படுத்தப்பட்டன. இதனால் அதிக வலுவுள்ள புலம் உள்ளேயே தோன்றுவது தவிர்க்கப்பட்டது. இந்த அமைப்பிற்குள் விலங்குகளுக்கான காப்புக் கூடுகள் வைக்கப்பட்டு இருந்தன. 150 மி. மீ உயரத்திலிருந்த கூடுகளுக்குள் புலச் செறிவு 200 கி.

வோ/மீட்டராக இருந்தது. அம்மிருகங்கள் 160 கி.வோ/மீட்டர் புலச்செறிவு வரை தாங்கின. கூடுகளின் உள்ளே தானியங்கு உணவு மற்றும் தண்ணீர் வசதிகள் இருந்தன. வேறு கட்டுப்பாட்டு விலங்குகள் இதேபோன்ற ஆனால் மின் மூலத்தோடு இணைக்கப்படாத அமைப்புக்களில் இருந்தன. சோதனையில் விளைவு ஏற்படுத்தும் புலச்செறிவின் ஆரம்பம் விலங்குகளின் எதிர்சொல் மூலம் மதிப்பிடப்பட்டது. அந்த ஆரம்ப மதிப்பு அதிகரிக்கப்பட்டபோதெல்லாம் விலங்குகள் கிளர்ச்சியடைந்தன. அவற்றின் செயல்கள் மாறுபட்டன. விலங்குகளின் நிலையையொட்டி அவற்றின் உடலில் பாயும் மின்னோட்டம் 1.8-2.5 மைக்ரோ ஆம்பியருக்குள் வைக்கப்பட்டது. சோதிக்கப்பட்ட விலங்குகளின் சுற்றுப்புற நிலைகள் சாதாரண விலங்குகளைப் போன்றே அதே ஈரத்தன்மை அதே காற்றின் வேதியல் பிரிகை அதே வெப்ப நிலை (22-23 சென்டிகிரேடு) அதே ஒளி என்று வைக்கப்பட்டிருந்தன. சோதனைகள் பத்தரை மாதங்களுக்குத் தொடர்ந்தது. மிருகங்கள் மின் புலத்தில் 1,500 மணி நேரங்கள் இருந்தன.

பொதுவான பார்வையீட்டு முடிவுகள் யாவை?

புலச்செறிவின் ஆரம்ப மதிப்பு நிலைநிறுத்தப்பட்டது. இது விலங்குகளின் எதிர்விளைவின் குறிப்பிட்ட மாறுதலால் காணப்பட்டது. அவற்றின் செயல்பாடு புலச்செறிவின் மதிப்பு ஆரம்ப மதிப்பிற்கு மேலும் கீழும் கொண்டுவரப்பட்ட பொழுது மாறியது. சோதிக்கப்பட்ட மிருகங்கள் மின் களத்தினால் பாதிக்கப்பட்ட பொழுது தண்ணீர் கூட அருந்தவில்லை. நெடுநேரம் உறக்கத்திலேயே இருந்தன. ஒரு ஆச்சரியமான உண்மை வெளியாகியது. அவை இணைந்த இரண்டு மாதங்களுக்குப் பின்னர், வேறு எலிகளைவிட அவற்றிற்குக் குறைந்த எண்ணிக்கையிலேயே குட்டிகள் பிறந்தன. ஆண் குட்டிகளது எடையும் ஓரளவு குறைவாகவே இருந்தது. அதிக அளவு எலிகள் ஆராயப்பட்டபோது அவை நோய் இயல் தன்மை எதையும் காட்டவில்லை. மின் களத்தில் குறிப்பிட்ட மலட்டுப் பின்விளைவு மட்டுமே காணப்பட்டது.

மேற்கூறியன எல்லாம் ஆசிரியர்கள் 160 கி. வோ-மீட்டர் அளவுள்ள புலச்செறிவு குறிப்பிடத்தக்கத் தீய விளைவுகளை உயிர் உறுப்புக்களில் ஏற்படுத்துவது இல்லை என்னும் முடிவு செய்யத் தூண்டின.

உண்மையிலேயே கவ்வன் கோவன் எடால் போன்றோர் மாறு மின்னோட்ட மின்களங்களில் ஈடுபட்டவர்களுடைய உடல் நலத்தைப் பரிசோதித்தபோது இதே முடிவையே எட்டினார்கள். பரிசோதனைக்குட்பட்ட நபர்கள் 345 கி.வோ கொண்ட இரண்டு மின்தொடர்களையும் மற்றும் ஆறு 138 கி.வோ தொடர்கள் கொண்ட துணைமின் நிலையத்தில் பணியாற்றியவர்கள். துணைமின்நிலையப் பரப்பு 1,000 சதுர மீட்டர் பழுதுபார்க்கும் நபர்களால் செய்யப்பட்ட வேலை நிலைகளும் (அவர்கள் வேலை பார்க்குமிடத்திற்கு ஒரு சிறப்பான

நன்கு காப்பீடு செய்யப்பட்ட தூக்கியால் கொண்டுவரப்பட்டார்கள்) புலனுயப் பட்டன. தூக்கிகளில் முழுவதுமோ ஓரளவோ புலங்களைத் தடுக்கும் திரையமைப்பு இருந்தது. பழுதுபார்க்கும் வேலையானது இயக்க வேலையாளர் செய்யும் துண்டிப்பு மற்றும் இணைப்பு வேலை களோடு சேர்ந்து செய்யப்பட்டது. திரையமைப்பு இல்லாத தூக்கி களில் செய்யப்படும் இயக்கங்கள் உண்மையிலேயே அபாயமும் உடலுக்கு ஊறும் விளைக்கக்கூடியன. மனித உடலின் சில இடங்களில் அதிகபட்ச புலச்செறிவு 20 கி.வோ ஆகவும் தடையமைப்பின் தரத்தையொட்டி இன்னும் கூடுதலாகவும் இருந்தது. பல்வேறு தடையமைப்பு நிலைகளில் இயக்கும் பணியாளர் மேல் பாயும் மின்னோட்டம் 30-120 மைக்ரோ ஆம்ஸ். தடை அமைப்பு இல்லாத பொழுது அது 0.3-0.4 மி. ஆம்பியர்களாக இருந்தது. அந்தத் தூக்கியில் தடையமைப்பு முழுமையாக இருந்தபொழுது உடலில் பாயும் மின்னோட்டம் மிகவும் குறைவு. தடையமைப்புக்களை மேலும் கடைசியிலும் எடுத்துவிட்டால் மின் புலத்தால் பாதிக்கப்படும் பரப்பு அதிகமாகவே உடலின் மேல் 5 அல்லது 6 பங்கு மின்னோட்டம் பாய்ந்தது. பக்கவாட்டில் இருந்த தடையமைப்புக்களை நீக்கினுல் மின்னோட்டம் 2 அல்லது 2.5 மடங்குகள் அதிகரித்தது. ஆனுலும் இந்நிகழ்ச்சியில் புல விளைவுகளுக்குப் பலவீனமான பகு திகள் மிகவும் பாதிக்கப்பட்டன. மின்னோட்ட அளவீடுகள் மனித உடலின் மூலம் மின்னோட்டப் பாதையை முடிவு செய்யும் வகையில் இணைக்கப்பட்ட தடைப்பொருளில் தோன்றும் அழுத்தக் குறைவை வைத்துச் செய்யப்பட்டன. அந்தத் தடைப்பொருளின் தடை 5-10 கிலோ ஓம்கள் ஆகும். இதைப்போலவே மின்சாரம் பாயும் கம்பியைத் தொடும்பொழுது பாயும் மின்னோட்டமும் அளவிடப்பட்டது. மின் னோட்ட விளைவானது ஒரு மாறுபட்ட சைன் அலையாக அமைந்தது. இந்த மாறுபாடு மனித உடலின் மின் தடையின் நேரற்றத் தன்மை யால் ஏற்பட்டது. மின் தொடர்களைப் பராமரித்த 11 மின் பணியாளர்கள் சோதனைக்குள்ளானுர்கள்.

அவர்களது வேலை மின்சாரம் பாயும் கம்பியோடு நேரடியாகத் தொட நேரிடும் மேல் மட்டப்பாதையில் காப்பீட்டைப் பழுது பார்த்தல் மற்றும் வெளிப்புறத் துணைமின் நிலையத்தில் இணைப்பு வேலைகளையும் சாதனங்களைச் சரிசெய்யும் வேலைகளையும் செய்வதே யாகும். 3.5 ஆண்டு காலங்களுக்குள் இடைவெளிகளைக் கணக்கில் கொண்டால் மொத்தம் ஆறு மாதங்கள் அவர்கள் பேரில் மருத்துவ மேற்பார்வையும் பார்வையீடும் செய்யப்பட்டது. அதே நேரத்தில் உடல்களிலும் இரத்தத்திலும் உயிர் ரசாயனச் சோதனைகள் செய்யப் பட்டன. சோதனை காலம் முழுவதும் உணர்ச்சி பிரதிபலிப்புகளிலோ இரத்த ஓட்ட மற்றும் சுவாசத் தொகுதிகளிலோ கண்கள் மற்றும் காதுகளின் செயல்பாட்டிலோ எந்தவித மறுபாடுகளும் காணப்படவில்லை.

ஆகவே ஆசிரியர்கள் கீழ்க்காணும் முடிவை எட்டினார்கள். மின் சாரமுள்ள மின்தொடர்களிலும் துணைமின் நிலையங்களிலும் வேலை பார்க்கும்பொழுது சரியான தடை அமைப்புக்களைப் பயன்படுத்தினால் மனித உயிர் உறுப்புக்கள் மேல் எந்தத் தீங்கான பின்விளைவுகளும் நேரிடுவதில்லை.

350 கி.வோ வரை உள்ள அழுத்தங்களைக் கொண்ட மின் தொடர்களில் வேலைபார்ப்போருக்கு மின் புலத்தினால் ஏற்படும் விளைவுகள் மாறக்கூடிய ஆரம்ப மதிப்பு நிலை நாட்டப்படவில்லை.

தொழில் பயனீட்டுக்காகச் சமீபத்தில் 500 கி.வோ மின்பாதைகளும் அமைப்புக்களும் இயக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தச் சாதனங்களை அறிமுகப்படுத்திய உடனேயே அங்கு வேலைபார்க்கும் பணியாளர்கள் சில மாத வேலைகளுக்குப் பின்னர் அவர்கள் உடல் நலம் பாதிக்கப்பட்டதாகப் புகார் செய்தார்கள். ஆகவே இந்தப் புகார்கள் 500 கி.வோ மின் தொடர்கள் மற்றும் துணைமின் நிலையங்கள் இவற்றிற்கு உரித்தான வேலை நிலைமைகள் பற்றி ஆராய்ச்சியைத் தேவைப்படுத்தின. இந்த ஆராய்ச்சி தொழிற் சங்கங்களின் அனைத்துச் சங்க மையக் குழுவின் லெனின்கிராடு தொழிலாளர் பாதுகாப்பு கழகத்திலும் தொழில் நோய்கள் மற்றும் தொழில் சுகாதாரக் கழகத்திலும் மேற்கொள்ளப்பட்டது.

இந்த ஆராய்ச்சியின் முக்கிய நோக்கம் மின் புலத்தில் வேலை பார்க்கும் பணியாளர்களது உடல் இயக்க மாறுதல்களை வெளிக் கொணருவதே. டீ. சாசுனோவா மற்றும் யூ. மொரோசோவ் என்னும் ஆசிரியர்கள் அவர்களது வெளியீட்டில் [104] துணைமின் நிலையத்தில் புலச்செறிவு பரவியிருப்பதை விரிவாக விவாதிக்கிறார்கள். மேலும் மனிதனைப் பாதிக்கக்கூடிய புலத்தின் மதிப்புக்களை மருத்துவ உயிரியல் பரிசோதனைகளின் முடிவுகளோடு ஒப்பிட்டுக் கணக்கிடுகிறார்கள். 500 கி.வோ கொண்ட வெளிப்புற வழங்கு முறைகளின் வேலை யிடங்களின் பல்வேறு பகுதிகளில் புலச்செறிவின் பரவல் சோதனைகள் மூலம் நிர்ணயிக்கப்பட்டுவிட்டது. அளவீடுகளின் மூலம் வழங்கு சாதனத்தில் பணியாற்றுவோர்கள் பகுதியில் பணி செய்யும்பொழுது மின் புலத்தினால் பாதிக்கப்படுகிறார்கள் என்று காட்டியுள்ளது. அதிகபட்ச புலச்செறிவு 12-13 கி.வோ/மீட்டர். சராசரிப் புலம் 6-8 கி.வோ/மீட்டர். குறைந்தபட்ச புலம் 2-4 கி.வோ/மீட்டர். அதிகபட்ச புலச்செறிவின்போது மனித உடலில் பாயும் மின் னோட்டம் 180-230 மைக்ரோ ஆம்பியர்கள், குறைந்த வலுவின் போது இது 30-40 மைக்ரோ ஆம்பியர்கள் ஆகும். இந்த விவரங்கள் கவ்வன் கோவனுக்குக் கிடைத்த விவரங்களோடு ஓரளவு உடன்படுகின்றன.

அதிக வலுவுள்ள மின்புலத்தின் செயல்பாடு வேறுவிதமாகவும் வெளிப்படலாம். புலத்தினால் பாதிக்கப்படும்பொழுது மனித உடல் மின்சக்தியை ஏற்கிறது. துணைமின்நிலைய உலோகப் பகுதியுடனோ சாதனக் கூடுகளுடனோ தீண்டுதல் நேரிடும்போது மின் வெளியீட்டு அலை தோன்றும். இந்த அலையின் நேரம் சில மைக்ரோ நொடிகளே.

இந்த வெளியீடு ஊசியால் குத்தல் போன்ற உணர்ச்சியை உண்டாக்குகிறது. இத்தகைய எதிர்பாராத குத்தல் உணர்ச்சி, இந்த வகையில் சேராத, கீழே விழுதல், கருவியைக் கீழே போடுதல் போன்ற நிகழ்ச்சிகளைத் தூண்டக் கூடும். இதே உணர்ச்சி இரண்டு பணியாளர்கள் கை குலுக்கும்பொழுதும் ஒருவர் கடத்தா உள்தோல் கொண்ட உலர்ந்த காலணிகளை அணிந்து கொண்டும். மற்ருெருவர் அவ்வாறு இல்லாதிருந்தாலும் அல்லது ஒருவரது கை உலோகப் பகுதியைத் தொட்டுக்கொண்டு இருந்தாலும் இவ்வாறு நிகழக் கூடும். ஆசிரியர்கள் அமெரிக்க ஆராய்ச்சியாளர்கள் குறுக்கீடுகளை விளைவிக்கும் மின் வெளியீட்டு அலைகளின் விளைவுகளில் இருந்து மனிதர்களைப் பாதுகாப்பதையே கருத்தில் கொண்டு இருந்தனர்; உயிர் உறுப்புக்கள் மீது புலத்தின் நேரடி விளைவைக் கருதவில்லையென்று கூறுகிருர்கள். அமெரிக்க ஆசிரியர்கள் கூறுகிறபடி 110, 220 மற்றும் 380 கி.வோ கொண்ட துணைமின் நிலையங்களிலும் பணியாற்றுவது பாதுகாப்பானது. அதிக அழுத்தங்களில் தோன்றும் வெளியீட்டு அலைகள் வலி உணர்ச்சிகளையும் உடனடி நரம்பு அதிர்ச்சியையும் தசைகளின் சுருக்கத்தையும் ஏற்படுத்தக் கூடும். இந்நாட்டில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் மின் புலம் உடல் உறுப்புக்களில் நேரடியாக ஏற்படுத்திய விளைவுகளை வெளிக் கொணர்ந்தன.

இந்நிகழ்ச்சியில் வேலைபார்க்கும் பணியாளர்கள், அவசர நிலை பணியாளர்கள் மற்றும் பழுதுபார்க்கும் பணியாளர்கள் என்று இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படலாம். அவசர நிலை பணியாளர்கள் இயக்கச் சோதனையையும் பணியாற்றலையும் செய்வதற்குப் பல்வேறு செறிவுடைய புலங்களில் 2-2.5 மணி நேரங்கள் இருக்கிருர்கள். பழுதுபார்க்கும் மற்றும் சரிபார்க்கும் பணியாளர்கள் தங்களது முறைக்காலம் முழுமையும் தேவைப்பட்டால் கூடுதலாகவும் மின் புலப்பகுதியில் இருக்க நேரிடுகிறது. டீ.சாசனேவா [67] 29 அவசர பணியாளர்கள் உள்ளிட்ட 44 நபர்கள்மேல் செய்த சோதனை விவரங்களை அளிக்கிருர். புல நிலைகளில் அவர்கள் பணியாற்றிய மொத்த காலம் பின்வருமாறு: 12 மனிதர்கள் ஓராண்டுவரை, 22 மனிதர்கள் 1-3 ஆண்டுகள் வரை, 15 மனிதர்கள் 3-5 ஆண்டுகள் வரை, 5 மனிதர்கள் 5 ஆண்டுகளுக்கு மேல்.

சோதனை நபர்கள் நடுத்தர வயது உடையவர்கள். மேலே காட்டியுள்ளபடி மின்புல விளைவுகளில் அதிக காலம் பணியாற்றவில்லை. ஆசிரியர் ஒரு சேர்க்கை முறையைப் பயன்படுத்தி மத்திய மற்றும் பரிவு நரம்பு மண்டலங்களின் செயல் நிலையை ஆய்ந்து மதிப்பிட்டார். மத்திய நரம்பு மண்டலத்தின் நிலை உள்ளுரைக் காலம் எளிய குறிப்பிட்ட எதிர்விளைவு தவறுகள், கண் இமை துடிப்பதின் வேகம் கிளர்ச்சியுறுதல் மற்றும் இதர அலகுகள் எனும் காரணிகளையொட்டி மதிப்பிடப்பட்டது. பரிவு நரம்பு மண்டலத்தின் குறிகாட்டிகள் உடல் வெப்பநிலை நாடித் துடிப்பு சிரையின் இரத்த

அழுத்தம் போன்றன. சோதனை நபர்கள் உட்கார்ந்த பிறகு உடல் இயக்கச் சோதனை ஒன்றும் நடத்தப்பட்டது. அதிகப்படியான மாறுதல்கள் பழுதுபார்க்கும் பணியாளர்களிடையே காணப்பட்டன. நாளின் இறுதியில் வெப்பநிலை உயர்ந்தது. இரத்த அழுத்தம் குறைந்து காணப்பட்டது.

மத்திய நரம்பு மண்டலத்தின் பொதுவான மதிப்பீடு கீழ்க்காணு வனவற்றைக் குறிப்பிட்டது. நாள் முழுவதும் அவசர வேலை பணியாளர்களிடம் கையின் நரம்புத் தொகுதியும் தசைத் தொகுதியும் மாறுமல் இருந்தன. ஆனால் பழுது பார்க்கும் பணியாளர்களிடம் நாளின் முடிவில் காலை நேரங்களோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் பொழுது செயல் இயக்கங்கள் பாதிக்கப்பட்டிருந்தன. செயல் இயக்கத் தூண்டியின் மைய இணைப்பு அதிகம் கிளர்ச்சி அடைந் திருந்தது. இரண்டு பிரிவுகளிடையுமே எதிர்விளைவு உள்ளுறைக் காலமும் தவறுகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகரித்தது. ஆனால் அவை இரண்டாம் பிரிவில் அதிகமாக இருந்தன.

எனவே கீழ்க்காணும் முடிவை நாம் எட்டலாம். நாளின் முடிவில் அவசரக் கால பணியாளர்களின் மத்திய நரம்பு மண்டலத்தின் உயர்ந்த பிரிவுகளில் பலவீனமான மாறுதல்கள் காணப்படும்பொழுது பழுதுபார்க்கும் பணியாளர்கள் மின் புல விளைவுகளால் தொடர்ச் சியான செயல் இழக்க மாறுதல்களை வேலைக்கு முன்னும் பின்னும் காட்டுகிறார்கள். இந்த மாறுதல்கள் மத்திய நரம்பு மண்டலத்தின் உயர்ந்த பிரிவுகளை மட்டும் பற்றியவை அல்ல. அதன் தாழ்ந்த பிரிவுகளிலும் பரிவு நரம்பு மண்டலத்தின் இயக்கங்களிலும் மாறுதல்கள் காணப்படுகின்றன.

பெரும்பாலான சோதனை நபர்களில் மின் புல விளைவின் சோதனைக்காக எடுத்துக்கொண்ட இயக்க காலம் குறைவாக இருப்பதால் (3 ஆண்டுகள் வரை) வெளிப்பட்ட செயல் இயக்கக் குறைபாடுகள் மின் புலத்தின் தீய விளைவுகள் உயிர் உறுப்புக்களில் ஏற்பட்டதாலேயே என்று கொள்ளலாம். டீ. சாசனோவா மற்றும் சோவியத் நாட்டின் சில ஆராய்ச்சியாளர்கள் கவ்வன் கோவன் எடால் செய்யத் தவறிய சில உண்மைகளைச் சந்தேகத்திற்கு இடமின்றி நிலை நாட்டினார்கள். மின் புலமானது மனித உயிர் உறுப்புக்களைத் தீவிர விளைவுகள் ஏற்படும்படி பாதிக்கவே செய்கின்றது. ஆனால் மேற்கூறிய ஆராய்ச்சியாளர்களும் மின்சாரம் பாயும் பகுதிகளை நேரடியாகத் தீண்டும் பொழுது ஏற்படும் விளைவுகளை ஆராயத் தவறிவிட்டார்கள். தற்பொழுது புலச் செறிவானது ஒரு நல்ல தடை அமைப்புகூடத் தீய புல விளைவுகளுக்கு முழுமையான பாதுகாப்பு தர இயலாத அளவிற்கு உயர்ந்துவிடுகிறது.

ஒரு மனிதன் மின் புலத்தால் பாதிக்கப்படுகிறபொழுது புலத்தின் மின்சார மற்றும் காந்த பகுதிகளால் தாக்கப்படுகிறான். ஆனால் இன்றைய நிலையில் புலத்தின் காந்தப் பகுதியை ஒதுக்கிவிடலாம்.

750 கி.வோ. கொண்ட மின் பாதைகளிலும் வெளிப்புற வழங்கு உபாயங்களிலும் உள்ள வேலைப் பகுதிகளின் காந்தப் புலச்செறிவு 24 ஆம்/மீட்டர் மேல் போகாமல் மனித உடலின் உயரத்தில் ஏற்படுத்துகிறது. இது அபாய மதிப்புக்களில் தோராயமாக 5 முதல் 6 பங்குகள் குறைந்தது. ஆனாலும் அது அவ்வாறுதானா என்று உறுதிப்படுத்த மேற்கொண்டு ஆராய்ச்சி செய்ய வேண்டியது அவசியம்.

தற்போது செயல்முறையில் இருக்கும் அதிகபட்ச அழுத்தம் 750 கி.வோ. 1,000 கிலோவோல்ட் அதற்கு மேற்பட்ட அழுத்தங்களும் பயன்பட இருக்கின்றன. இதுவரை செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சி புலத்தின் தீய விளைவுகள் அதிகரிக்கின்றன. ஆனால் தொழில் நுட்ப மற்றும் அமைப்பு முறைகளால் அவற்றைத் தவிர்ப்பது சாத்தியமே. ஆனாலும் போதுமான தவிர்ப்பு நடவடிக்கைகளே மேற்கொண்டாலும் இயக்கப் பணியாளர்களது உயர்ந்த திறன் எப்பொழுதுமே ஒருமுன் தேவை ஆகும்.

12-4. மின்புல விளைவுகளில் இருந்து மனிதர்களைப் பாதுகாத்தல்

மின்புல விளைவுகளில் இருந்து பாதுகாப்பைப் பெறுவதற்காகக் கடைப்பிடிக்க வேண்டிய பாதுகாப்பு முறைகளிலும் பாதுகாப்பு வழிகளிலும் சிலவற்றை இங்கு விவாதிப்போம்.

1. வேலையிடங்களில் வெளிப்புற வழங்கு உபாயங்களின் வடிவமைப்பினாலும் சில சமயம் மின்பாதை தாங்கி கோபுரங்களின் குறிப்பிட்ட கட்டுமானத்தாலும் மின்புலச் செறிவைக் குறைத்தல்.

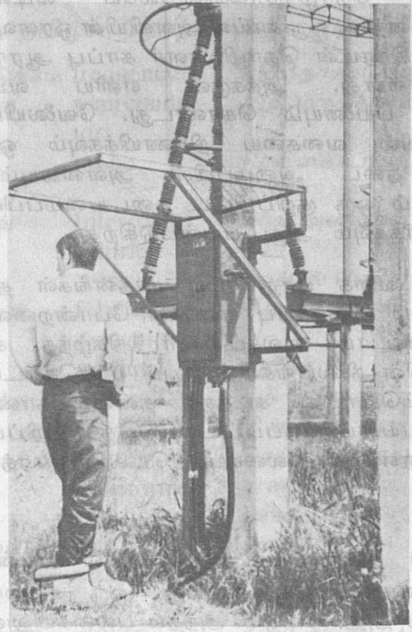
உயர் அழுத்த மின் தொடர்களையும் வெளிப்புற வழங்கு முறைகளையும் வடிவமைக்கும்பொழுது அலகுகள் அனுமதிக்கக்கூடிய மின்சக்தி இழப்புக்களையும் கரோனா வெளியீட்டால் ஏற்படும் வானொலி குறுக்கீட்டையும் ஒட்டிய அலகுகள் தெரிந்தெடுக்கப்படுகின்றன. சாதாரணமாக வேலையிடங்களில் தோன்றும் மின் அழுத்தங்களின் மற்றும் மின்புலச்செறியின் மதிப்புக்கள் கருதப்படுவதில்லை. தொடர்களும் துணைமின் நிலையங்களும் பணியில் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட பின்னரும் அவை அளக்கப்படுவதும் இல்லை. எஸ். லெபதேவ் மற்றும் யூ. மரோசோவ் [46] சரியான அலகுகளை (நிலத்திற்கு மேல் கம்பி தொங்கும் உயரம், கம்பியின் குறுக்களவு, பிரிக்கும் இடைவெளி போன்றவை) தெரிந்தெடுப்பதன் மூலம் வடிவமைப்பாளர்களால் மின் புலச்செறிவும் அழுத்தங்களும் குறைக்கப்பட முடியும் என்று காட்டுகிறார்கள். இந்நிகழ்ச்சியில் ஆரம்ப மதிப்பு கொரோனாவால் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட கம்பியின் வெளிப்புறத்தில் உள்ள அதிகபட்சப் புலச் செறிவாகும். இந்தப் புலச்செறிவின் சிகர மதிப்பு இந்த ஆசிரியர்கள் கூறியுள்ள சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தினால் கிடைக்கும். வானொலி குறுக்கீட்டு அனுமதி

எல்லைகளைக் கொண்டு பார்த்தால் அதிகபட்ச புலச்செறிவு 26-28 கி.வோ/சென்டிமீட்டரைத் தாண்டாத எல்லைகளுக்குள் அமைகிறது. இது கையில் உள்ள குறிப்பிட்ட நிலைகளையும் (அதாவது ஒப்பு காற்று அடர்த்தி ஒன்றுக்குச் சமம் என்பதையும்) பொருந்தது.

புல விளைவுகளைக் குறைப்பதற்குச் செயல்படுத்தக்கூடிய முறைகளில் ஒன்று வேலையிடங்களில் மின்சாரம் பாயும் கடத்திகளுக்குக் கீழே தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட கம்பி வடங்களைத் தொங்கவிட்டுப் புலச்செறிவைக் குறைப்பதாகும். வடிவமைப்பாளர்கள் தரைக்கம்பி வடங்களின் குறுக்களவு தொங்கவிடப்பட்ட உயரம் கம்பி வடங்களின் எண்ணிக்கை போன்ற அலகுகளைக் கணக்கில் கொண்டு வேலை இடத்தின் அழுத்தத்தைக் குறைப்பதற்கு மதிப்பீடுகள் செய்யலாம். இந்தப் பொருள் பற்றிய அறிக்கை [15] கம்பி வடத்தைத் தொங்க விடுதலின் பலவகைகளை ஒப்பீடு செய்யும் ஒரு ஆய்வு சமன்பாட்டைக் கொண்டுள்ளது. தொங்கவிடும் உயரமும் நில இணைப்பு செய்யப்பட்ட கம்பி வடங்களுக்கு இடையேயுள்ள இடைவெளியும் வேலையிடத்தின் அழுத்தத்தைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் குறைக்கின்றன. கம்பி வடங்களின் குறுக்களவை அவற்றின் இயந்திரவியல் செறிவை மதிப்பீடு செய்து சரியாகத் தெரிந்தெடுக்கலாம்.

ஒரு 750 கி.வோ. வெளிப்புற வழங்கு துணைமின் நிலையத்தில் இணைப்புச் சட்டங்களுக்குக் கீழே நிலத்திலிருந்து 2.5 மீட்டர்கள் உயரத்தில் தரை இணைப்பு செய்யப்பட்ட கம்பி வடங்களைத் தொங்க விடுதலால் வேலையிடத்தின் அழுத்தம் 1.8 மீட்டர் உயரத்தில் 30ல் இருந்து 13 கி.வோல்ட்டிற்குக் குறைந்தது. இந்தப் புலச்செறிவு அபாய விளைவுகளைக் குறைந்த பட்ச அளவிற்குக் குறைக்கிறது.

2. தற்காலிக தடை அமைப்பு முறைகளை அமைத்தல். இந்த முறைகள் இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படலாம். முதலாம் பிரிவு துணைமின்நிலையப் பகுதியில் நேரடியாகச் செய்யும் இயக்கங்களுக்காகப் பயன்படுத்தும் பாதுகாப்பு சாதனங்களைக் குறிக்கிறது. இந்த இயக்கங்கள் எண்ணெய் திறப் பான்களைப் பார்வையிடுதல் பாதுகாப்பு உணர்த்திகளைச் சரிபார்த்தல் மற்றும் சரிசெய்தல், திறப்பான் பாதையில் காப்பீட்டைச் சரிபார்த்தல், தரை இணைப்பு கம்பியமைப்பின் காப்புத் தடையை அளவிடுதல் ஆகும். இரண்டாம் பிரிவு தொங்கும் காப்புப் பொருட்களைப் பார்வையிடுதல், அவை சரியாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றனவா என்று பார்த்தல், மின்சாரம் பாயும் சாதனங்களின் மின்காப்புப் பொருட்களை மாற்றுதல் போன்றவை ஆகும். முதலாவது பிரிவிற்கான காப்பு சாதனம் வேலையிடத்திற்கு நேர் கீழே அமைந்துள்ள காப்பு தடையமைப்பு வலைகளாகும். இத்தகைய தடை அமைப்புக்கள் புலச்செறிவைச் சில கிலோவாட்டிற்குக் குறைக்கக்கூடும். இத்தகைய தடை அமைப்புக்களால் பாதுகாக்கப்பட்ட வேலையிடங்களின் புலச்செறிவை மதிப்பிடுதல் கம்பி வடங்களைப் பாதுகாப்பிற்குப் பயன்படுத்தியபோது புலச்செறிவை மதிப்



படம். 12-4. புல எதிர்ப்பு திரையின் அடியில் வேலை செய்தல்

பிடுதல் போன்றவையே ஆகும். ஆகவே எஸ்.இ லேபிதேவ் மற்றும் யூ. மரோசோவ் [54] அவர்கள் கூறிய ஆய்வு சமன்பாடுகளை இந்தக் கணக்கீடுகளுக்கு அடிப்படையாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். படம் 12-4 ஒரு வெளிப்புறத் துணைமின்நிலையப் பகுதியில் திறப்பான் பெட்டிக்கு மேலே பொருத்தப்பட்டுள்ள புல எதிர்ப்பு தடை அமைப்பைக் காட்டுகிறது. இத்தகைய தடை அமைப்புக்கள் தொழிற்சாலைகளில் எளிதாகச் செய்யப்படக் கூடும். இவைகள் தற்காலிகமான சாதனங்களாகவோ அல்லது வடிவமைப்பில் சேர்க்கப்பட்ட நிலையான காப்புக்களாகவோ பயன்படுத்தலாம்.

தற்பொழுது புலச் செறிவை அளவீடு செய்வதற்கான கருவிகள் சோவியத் நாட்டிலும் மற்றும் வெளி நாட்டிலும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. இந்தக் கருவிகள் சாய்வு அளவிகள் என்று அழைக்கப் படுகின்றன. துரதிருஷ்டவசமாக இந்தச் சாய்வு அளவிகள் (உற்பத்தி செய்யும் மின்புல அளவிகள்) விற்பனை உற்பத்தி அளவை எட்டவில்லை.

சாதாரணமாகத் தொழிற்சாலைகளிலேயே வடிவமைக்கப்பட்டுத் தயாரிக்கப்படுகின்றன. ஒரு சாய்வு அளவியின் ஓரளவு வெற்றிகரமான மாதிரி லெனின்கிராடின் தொழிலாளர் காப்பு ஆராய்ச்சி கழகத்தில் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. அக்கருவி எளிய வடிவமைப்பையும் சௌகரியமான பயனையும் கொண்டது. வேலையிடங்களில் புலச் செறிவின் பரவல் வகையை நிர்ணயிக்கவும் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திற்கான தடை அமைப்பின் அளவையும் வகையையும் தெரிந்தெடுக்கவும் ஒரு குறிப்பிட்ட தடையமைப்பின் பாதுகாப்புத் திறனைச் சரிபார்க்கவும் அது பயன்படுகிறது.

இரண்டாம் வகை பாதுகாப்பு சாதனங்கள் தடை அமைப்பு தூக்கிகள் மற்றும் மின்காப்பு ஏணிகள் போன்றவையே. சோவியத் நாட்டில் இரண்டாம் உலகப்போர் நிகழ்ந்த காலங்களிலேயே வழங்கு துணைமின் நிலையங்கள் மற்றும் மின்தொடர் சாதனங்களில் வேலை செய்யும்பொழுது கடத்தா தன்மைகொண்ட ஏணிகளும் பலகைகளும் பயன்படுத்தப்பட்டன. இது குறிப்பு 45ல் இடம் பெற்றுள்ளது. ஏணியும் பலகையும் டெல்டா மரத்தினால் செய்யப் பட்டவை.

ஏணியானது தீயணைப்புக் குழுவினரால் பயன்படுத்தப்படுவது போன்று விரிவாக்கப்படக் கூடியது. ஒரு உலோகத் தகட்டால் ஆன பலகையில் அது முடியும். அந்தப் பலகையிலுள்ள தண்டவாள அமைப்பும் உலோகத் தகடும் ஒரு மூடு கம்பியால் இணைக்கப்பட் டுள்ளன. இவ்வாறு அதில் இருப்பவர் பாதையின் அழுத்தத்தையும் நிலத்தில் இருந்து அவரது உயரத்தையும் பொருத்த புலத்தால் சூழப்பட்டிருப்பார். மின்சாரம் உள்ள சாதனங்களில் வேலையை விரிவுபடுத்தலும் முக்கியமாக மின்பாதைகளின் அழுத்தங்களை அதிகரித்தலும் இந்த ஏணிக்குப் பதில், புலத் தடுப்பு சுவர்கள் கொண்ட ஒரு தூக்கியைப் பயன்படுத்துமாறு செய்தன. இந்தத் தூக்கியில் உள் இருப்பவர் ஒரு பாரடே கூண்டிற்குள் இருப்பவர் போல ஆவார். இந்தத் தூக்கிகளை உபயோகிப்பது மின்புல வலுவைப் பாதுகாப்பு எல்லைகளுக்குள் குறைப்பதைச் சாத்தியமாக் குகிறது. அதனால் புலத்தின் செயல்பாடு எந்தத் தீய பின்விளைவு களையும் ஏற்படுத்துவதில்லை.

மனிதனின் மேல் மின்புல விளைவுகள் பறறிய அறிவும் தற்போதுள்ள பாதுகாப்பு முறைகளும் இந்த அறிவியல் மற்றும் பொறி இயல் துறை, தற்போது வளர்ச்சி பெற்ற மற்றும் முன்னேற வேண்டிய ஒரு கட்டத்தை அடைந்துவிட்டது என்று புலப்படுத்துகின்றன.

கலைச்சொல் அகராதி

புதிய தமிழ்ச் சொற்களுக்கு ஆங்கில மூலம்

அலைவெண், அடுக்கம்	frequency
அரைக்கடத்திகள்	semi conductors
ஆய்கோல்	probe
இடையறுப்பான்	Interruptor
இதயக் கீழறை	ventricle
இதய மேலறை	Auricle
இதயநாதர் உதறல்	Fibrillation
இயக்க	dynamic
ஈறு	terminal
உயர் மின் அழுத்தம் (உ.அ)	high voltage (h.v)
உயர்த்து மின்மாற்றி	step up transformer
உயிர் அணு	cell
எடுப்பான், மடை	tap
எச்ச அழுத்தம்	stray voltage
எதிர் மின்னி	electron
எரிதல் பணியாளர்	stoker
எழுப்புநர்	erector
ஒட்டு	drive
கசிமை	permitivity
கசிவு மின் ஓட்டம்	leakage, current
கட்டடம் எழுப்பு வோர்	builder, building erector
கடையுநர்	turner
கணிப்பி	computer
கம்பிவலை அமைப்பு	lattice work
காட்டி	indicator
காலதர்	ventillator
காயப்பாடு	traumatology
கீழறை சுருங்கல்	systole
கீழறை விரிதல்	diastole
குறுக்கிணைப்பு	short circuit
குறுக்கீட்டு மின் அழுத்தம்	interference voltage
குழிதோண்டுவோர்	digger
சட்டமருத்துவம்	forensic medicine
சமவிளக்கப்படம்	equivalent diagram
சரிவு அளவிகள்	gradient meters
சாம்பல் பணியாளர்	ash handler
சிதறல் காரணி	dissipation factor
சுருணை	winding
சுழி வரிசை மின் ஓட்டப்பாதை	zero sequence circuit
செய்தித் தொடர்புத் துறை	communication line
தச்சர்	carpenter
தடை	resistance
தடைத்திறன், தடைமை	resistivity
தரை இணைப்பு, தரையிடல்	earthing, earth connection
தரைமின்வாய்	earth electrode
தலைமை மின்னோட்டப்பாதை	primary circuit
தறுவாய்	phase
தாழ் மின் அழுத்தம் (தா.அ)	low voltage (l.v)
தாழ்த்து மின்மாற்றி	step down transformer
திறந்த மின்னோட்டப்பாதை மின் அழுத்தம்	open circuit voltage voltage
திறப்பான் சுற்றினை மின்வெட்டி	switch

திறன் கூறு	power factor
திறன் மின்மாற்றி	power transformer
தீண்டுதல், தொடுதல்	contact
ஒரு துருவம் (முனை)	single pole
இரு துருவம் (முனை)	double pole
துணை மின்நிலையங்கள்	sub-stations
துணை மின்னோட்டப் பாதை	secondary circuit
துண்டிப்பான்	disconnector
தூண்டல் எதிர் வினைப்பு	inductive resistance reactance
தொகுப்பு, பூட்டல் கோத்திணைப்பு	assembly
தொடு அழுத்தம்	touch voltage
தொடர்ப் பிரிப்பி	line breaker
தொடுகைகள்	contactors
நடை அழுத்தம், மிதி அழுத்தம்	step voltage
நேராக்கி, திருத்தி	rectifier
நேர் மின் ஓட்டம் (நே.மி)	direct current (d.c.)
பிணைப்பியக்கம்	interlock
பூசுவோர்	plasterer
பேச்சலை ஆக்கி	audio generator
பொருத்துநர்	fitter
பொருள் தூக்கி	crane
இயக்குவோர்	operator
பொறிவெளி	spark gap
மறிப்பு	impedance
மாறு மின்னோட்டம் (மா.மி)	alternating current (a.c.)
மிதி அழுத்தம்	touch voltage
மின் அதிர்ச்சி	electric shock
மின் அமைப்பு	electrical installation
மின் அழுத்தச் சரிவு	potential voltage gradient
மின் அழுத்தம்	voltage
மின் இறக்கம்	electrical discharge
மின் ஏற்றம்	electrical charge
மின் ஓட்டம்	current
மின்னோட்டப்பாதை	circuit
மின்கப்பிகள்	amplifiers
மின்காப்பி	insulator
மின்காப்பு இழப்புக்கோண படக்கை	dielectric loss angle tangent
மின்காந்த இடையறுப்பான்கள்	electro-magnetic interruptors
மின் கொண்மம்	capacitance
மின்சாதனம்	electrical equipment
மின் செலுத்தத் தொடர்	transmission line
மின் நிலையங்கள்	power stations
மின் பணியாளர், மின் நுட்பர்	electricians
மின்புலம்	electrical field
மின் மூலங்கள்	electrical mains
மின்வலை	net work
மின்னல் வெளிச் செலுத்தி	lightning discharger
மின்னாற்பகுப்பு	electrolysis
முக்கிளை இணைப்பு	star connection
முனைமை மின்னோட்டக் கொணர்வு	polarity current derivative
மூலக்கூறு	molecule
வாங்கி	receptor
விண்மி	antenna

1. Azhibaev K.A., Physiology and Pathophysiology Mechanisms of an Organism Damage with Electric Current IIIM Publishers, 1978,267 p.
2. Azhibaev K.A.,Mishchenko I.,Frenkel G.L. Pathological physiology Manual - v.5 Chapter " Electropathology", Medgiz, Moscow, 1973.
3. Azhibaev K.A.,Saaliev E. On the Importance of the State of Organism for Development of Electrical Injury.- Procedings of Kirgiz Medical Institute, v.8, 1956.
4. Aitkulova A., On the Issue of Specific Development of A.C..Electrical Injury under Decreased Atmospheric Pressure. - Proceedings of Electrical Injury conference. Pulications of Kirgiz Academy of Sciences, 1957.
5. Aliev M.A., Zakharov G.A., Shchukina M.A. Adaption to Highlands Condition under Hormone Load.- Frunze, ILIM Publishers. 1979, 289 p.
6. Antonov yu., Reshodho L. Nerve Threshold Values.- Collection of Papers of Symposia on Theoretical and Applied Cybernetics. Scientific Board of Cybernetics. Kiev, 1963.
7. Aseev G.T., Sinevsky A.N. Electrical Safety of Crossing 110-220 KV HV Transmission Lines.- Electricheskie stantsii, 1982,N12,p.63-66,
8. Arrslanova R.,Manoilov V.,Ganelina I. Geomagnetism Influence on Increase of Number of Heart Vascular Fever Cases. "Aviation and Cosmik Biology and Medicine", 1980,N5,p.35-42.
9. Barash M., Shchukin V. On Resistance of Human Body to Electric Current-"Higher Education" Publication, Elektrotekhnika, 1965,N3.
10. Batselevich I.E., Sidorov I.Z. Analysis of Transition Process Influence on Outcome of an Electrical Injure. -- Mashins and Mechanisms of mining Work, Tula, 1982,N3.p.13-15.
11. Belenky L.S. New Regulations of Safety Technique of Electrical Installations.- Energetik, 1981N5.,p.41-42.
12. Bernal J. Science in History.- Foreign Literature Publishers, 1956 (English-language edition, London, Watts, 1954).
13. Bragin S., Evstaf'ev G. Shcheglov A. Determination of Insulation of Cable H.V. Lines by Electrical-Charge Absorption Method. - In Collection of Works "New Measurement Technique Applied to Electrical Stations and Mains" . Gosenergoizdat, 1958.
14. Burak I., Zhilenkov I. Complex Dielectric Permittivity of Dissimilar Dielectrics. "Higher Education" Publication. Fizika, 1958, N6.
15. Bursdorf V. Design of Earthing in Non-Uniform Soil.– "Elektrichest-vo, 1954, N1.
16. Vendent'eva R. On the Effect of Convulsion on Inhibitory Mechanisms of Vascular Reaction.– Higher Nervous Activity Journal, 1962, N12.

17. Vigdorchik N. Electropathology.– Leningrad Institute of Labour Hygiene and Occupational Diseases, 1940.
18. Voronina A. Resistance to Current Flow from Complex Earth Electrodes in Non-Uniform Soil.– "Elektrichestvo", 1969,,N8.
19. Vagralic Nores chineese medicine.
20. Gordon G., Filippov V., Yarchenko E. Industrial Accidents and Accident Prevention. Profizdat, 1973, p. 191.
21. Dvorkin A. Prevention of Electrical Accidents and Orthopaedic Treatment in the USSR. From "Orthopaedics and Traumatology". Chapter 3, "Meditsina," 1967.
22. Dolin P. The Safety Technique for Electrotechnical Installations.– Energo-atom Publishers, 1983, p.373.
23. Effect of External Electrical Fields on Wire Communication Circuits and Prevention Practices.– Colection of Articles. Svyaz'-izdat, 1969.
24. Effect of Electrical Fields on Personnel Engaged at H.V. Transmission Lines.– Collection of Articles. ORGRES,1969.
25. Jellinek S. Electrical Accidents.– "Voprosy Truda" Publishers, 1927.
26. Ilipaev I. On the Issue of Fibrillation.– Proceedings of Institute of Physiology. Kirgiz Academy of Sciences, 1966.
Il'ina A., Teplov S. Concerning the Changes of Electrocardiogram at Painful Irritations. Sechenoffs Physiological Journal, v.44, N 8,1958.
27. Kaplan A. Electric Current and Lightning Shocks.– Medgiz, 1961.
28. Karyakin R., Vlasov S. On Safety Limiting of Earth Devices with Large Currents to Earth.– "Promyshlennaya Energetika", 1968, N5.
29. Certis G. Bioelectric Measurements.– Collection of Articles "Biophysical Methods of Research". Foreign Literature Publishers, 1966.
30. Kiselev A., Meshcheryakov L., Ravikovich N. Effect of Frequency in A.C. Installations on Electrical Safety. In Collection of Articles "Problems of Electropathology, Electrical Injuries and Safety", 1964, N5.
31. Knyasevsky B., Marusova T., Chekalin N. Labour Protection for Electrical Installations.– Moscow, Energiya, 1975, p.320.
32. Kozlov V. Voltage Indicator.– Proceedings of LIAP, 1966, issue 51.
33. Kopytov Yu., Vainshtein L. Electrical Accident Prevention Poblems. "Promyshlennaya Energetika", 1968, N7.
34. Korzh N. Earthing.– Ukraine Knizhnaya Palata, 1969.
35. Korzh N. Earthing, Currents in the Earth and Electrical Safety.– Moskow, Inform-Energo, 1974, p.72..
36. Krikunov M., Skvortsov F. Cases of Injuries from 12-V Current.– Electrical Industry Reports, 1957, N4.
37. Kuznetsov A. Safety Engineering in Handling of Electrical Installations.– Gosenergoizdat, 1974, p.181.
38. Leventsev N. Course of Physics for Medical Institutes.– Medgiz, 1981.
39. Leibov R. Current Escapes in Mine Electrical Nets.– Moskow, Coal. Tech. Publishers, 1952. p.364.
40. Lur'e A. Testing the Electrical Earth Devices.– Gosenergoizdat, 1950.

41. Loginova E. History of Accident Prevention in USSR. Medgiz, 1958.
42. Malov N., Rzhevkin S. Resistance of Human Body to High-Frequency Currents. - ZhPF, v.6. issues 2 and 5, 1929.
43. Manoilov V. Neutral– Point Operation in Industrial Networks and Electrical Safety Conditions.– Proceedings of Electrical Safety Conference. Gosenergoizdat, 1954.
44. Manoilov V. Factors and Conditions Influencing Electrical Injury Consequencies.– Proceedings of Electrical Safety Conference. Publication of Kirgiz Academy of Sciences, 1957.
45. Manoilov V. Research into Electrical Conductivity of Human Body.– "Elektrichestvo", 1963 N11. Discussion on this issue see in "Elektrichestvo", magazine, 1965, N5.
46. Manoilov V. Fundamentals of Electrical Safety.– Energiya, 1975, 247 p.
47. Manoilov V. Electricity and Man.– Energiya Publishers, 1982, 153 p.
48. Mikhatsev I., et al Quasielectrostatic Influence on the Unit Neutron: Frequency Modulation of Activity and Excitation.– Biophysica, 1980, v. 25. N6, p. 1027-1056.
49. Mishenko I. Thresholds of Heart Electrical Fibrillation Caused by Electricity under High-Altitude Conditions. Dissertation. Kirgiz Academy of Sciences, 1963.
50. Nifeld M. Protective Earthing and Safety Practices.– Energiya, 1965.
51. Nasonov D., Rozental D. Time Factor in Estimation of Tissue Irritability.– Sechenov's Physiological Journal, v. 39, N4, 1963. Concerning the Time Factor in Estimation of Tissue Irritability. Ibid, 1953, N 6.
52. Nifeld M. Earthing and Preventives in Electrical Safety.– Energiya, Publishers, 1975, 294 p.
53. Nikitich G. Device for Protection against A.C. with Artificially Short Circuit Phase.– Electrical Industry, 1982, N2, p. 11-17.
54. Olekhnovich N., Yasny V. Automatic Insulation Control in 380-V Installations.– "Elektrichestvo", 1965, N10.
55. Oslon A. Earth Resistance Versus Size of Earth Electrode.– "Elektrichestvo", 1964, N1.
56. Petrik G. Uses of Magnesite-Bonded Wood-Shaving Flooring in Dwelling Houses.– "Promyshlennaya Energetika", 1959, N9.
57. Poznanskaya N. Topographical Distribution of Human Body Resistance. "Fizfoteraiya", 1940. N1.
58. Presman A. Electromagnetic Field and Living Nature.– "Nauka", 1968.
59. Portnov F. Electrical Punktura and Reflexlogy.– Riga Publishers "Zinatne", 1983, 209 p.
60. Safety Regulations for Use and Construction of Communication Facilities.– "Energiya" 1967.
61. Safety Regulations for Use of Distribution Networks.– "Energiya", 1969.
62. Operation and Safety Servicing of Electrical Installations and Safety Regulations for Consumers' Installation.– "energiya", 1969.
63. Regulations for Operation of Electrical Stations and Mains.– "Energiya" 1979.

64. Recommendations on Scientific Organization of Labour and Control for Engineering Personnel Employed in Electrical Stations and Engaged in Operation and Repair of Power Supplies. ORGRES edition, 1969.

65. Recommendations on Scientific Organization of Labour for Workers Employed in Electrical Stations and Engaged in Operation and Repair of Power Supplies. ORGRES edition 1969.

66. Regulations for Construction of Electrical Installations. -"Energiya", 1966.

67. Sazonova T., Morozov Yu. Physiologo-Hygienic Assessment of Work Conditions at Outdoor Distribution Devices of 220, 380 and 500 kV. In Collection of Articles "Proceedings of Labour Protection Institute of All-Union Central Council of Trade Unions", 1969, issue 54.

68. Sekulin V. Research into State of Electrical Safety at Cattle-Breeding Farms. -Dissertation. Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of North-West Area, 1967.

69. Smurov A.H.V. Currents. -Moskow "Voprosy Truda", 1928, P. 72.

70. Spivak L. Safety Engineering at Cattle-Breeding Farms. "Zhivonovodstvo" 1963, N3.

71. Building Code and Regulations, Part III, Section II, Chapter 6, "Electrotechnical Devices. Rules for Organization and Performance of Work" 6-6-67, Gosstroi SSSR, 1978.

72. Tarnopol'sky Ya. Classification of Electrical Injuries. -"Orthopedics, Traumatology and Prosthesis" magazine, 1957, N2.

73. Turkmenov M. Physiology Modeling Principles and Results of Research of Thretening Situations in an Experiment. -Frunze, ILIM publishers 1976, 213 p.

74. Frenkel G. On the Issue of Analysis of Electrical Injuries. -Proceedings of Regional Medicine Institute, Kirgiz Academy of Sciences, V.1, 1956.

75. Frenkel G. Modern Problems of Electropathology. -Proceedings of Electrical Injury Conference. Publication of Kirgiz Academy of Sciences, 1957.

76. Tsapenko E. Calculation of Controlled-Rectifier Circuit for Continuous Insulation Testing. -"Promyshlennaya Energetika", 1969, N.7.

77. Chikolev V. Collection of Papers on Electrical Engineering, Lighting and Search-Light Engineering. -Gosenergoizdat, 1949.

78. Chizhevsky V. Earth Echo of Magnetic Storms. -Moskow, "Nauka", 1976, 76 p.

79. Shalyt G. Preventive Tests of Cable Networks of 6 to 10 kV under Load. "Elektricheskie stantsii" 1958, N8.

80. Sheputo L. Conflict of Opinion in Capitalist Countries. Concerning the Causes of Industrial Accidents. -"Ortopedy, Traumatology and Prosthesis" magazine, 1960, N10.

81. Shishkin N. Fast-Action Protection of Underground Networks Against Earth Faults. -Gosgortekhizdat, 1960.

82. Shchukin V. Burlakov A. On the Probability of Estimate of Electrical Safety Level. -"Elektrishestvo", 1982, N2, p.17-19.

83. Schuhkin V., Sidorov A., Sitnikov Y. Comparative Danger of Rectified Currents.– "Elektrichestvo", 1981, N12. Yakobs A. Statistical Methods of Calculating the Earth Electrodes in Non-Uniform Soil.– Elektrichestvo", 1969, N4.
84. Yakobs A. Reduction of Earth Electrical Structure to Equivalent Two-Layer Structure for Calculation of Design of Complex Earth Electrodes.– "Elektrichestvo", * 1970, N8.
85. Yakobs A. Lukovnikov A. Electrical Traumatism in Agriculture.– Moskow, "Colos Publishers", 1981, 213 p.
86. USSR National Economy in 1982.– Statistic Annual, Standard Publishers, 1983, p. 57-63.
87. Electrical Accidents at Industrial Undertakings of Great Britain. "Promyshlennaya Energetika", 1957, N4, 1958, N6.
88. Armstrong H.R. Grounding Electrode Characteristics from Model Tests. "Trans AIEE" Part III, 1953.
89. Bessou M. Le rôle des statistiques.– "Travail et Sécurite", 1962, N6.
90. Biegelmeier J. "Elektrotechnik und Maschinbau", Bd. 75, 1958, N8, S. 157-164.
91. Bodier G. La protection contre les dangers d'electrocution dans les installations electrothermiques.– "Bull. Soc. franc des electriciens", Mars, 1958.
92. Bodier G. "Le Journal de l'Equipment Electrique et Electronique", 1967, Nos 266, 274; 1968, N 275.
93. Boll G. Zur Frage der zullässigen Berührugs - und Schrittspannungen in Anlagen über 1 kW.– "ETZ", Bd 73, 1952, N8.
94. Boulet C.B. "Electric Light Power", 1957, N2, p. 58-61, 145-156. Burton H. Electric Fence Controllers.– "Electrical Review", January, 27, 1956.
95. Burnett J. Protection against electric shock.– "Journ. of IEE", 1981, v.10. Committee Report. Voltage Gradients Through the Ground under Fault Conditions.– "Trans. AIEE", "Power, Apparatus and Systems", 1958, N38, p. 669-685; Discussion, p. 685-695.
96. Dalziel C.F. Effect of Electric Shock on Man.– "Trans. Med. Electronics", July, 1956, p. 44-62.
97. "Edison El. Inst. Bull.", 1955, N1, p. 27-28; 1956, N9, p. 103-108, 315-316, 324; 1958, N19, p. 303-317; 1973, N1, p. 32-33.
98. "El. Eng. and Merchandiser", 1956, N12.
99. Elektrische Ünfälle.– "Elektrotechnische Zschr", Ausgabe 3, H.3, März, 1956, N21, s.91-93; N971, N17, s.51-52; 1972, N2, s.25-27.
100. "EL Rev." 1955, N12, p.158, 1956; N21, p. 887-889; 1973, N12, p.1337.
101. "El. Times", 1955, N 3403, p. 401-407; 1959, N3504, p. 33-35; 1960, N 1, p. 9-10; 1971, N 13, p. 24-27; 1972, N 1, p. 51-53; N 2, p. 21-25; 1974, N 2, p. 13-15.
102. "Elektrizitatswirtschaft", 1956, N 15; 1957, N 16.
103. Elektrotekniska av deningen berättelse verksamheteen 1960, Stockholm, 1961.
104. Ferris L.P., King B.G., Spens P.W., Williams H.B. Effect of Electric

105. Francois R. Étude des accidents é le décès
106. ou une incapacité permanente partielle des accidenteś parmi le perssonnel d'Electricité de France, pendant la péroide de 1949-1958. Bull. Électr. fr.", 1959, N 10.
107. Freiberger H. Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technichen Gleich- und Wechselstrom, Berlin, 1934.
108. Gilbert T.C. How Low Is a Safe Voltage?, "Electrical Review", 1956, v. 158, N 21, p. 887–889.
109. Gildermeister M. "Österr. Radio – und Elektrogewerbe", 1958, Nos 15, 16, 17, 19.
110. Hollstead J.W., Richardson F.L., Friauf J.B. Electric Shock and its Prevention. – "Bur. Ships Journ.", 1958, 7.
111. Homberger E. Unfälle in elektrischen Starkstromanlagen in Schweiz im Jahr. 1954, "Bull. SEV", 1955, Bd. 45, s. 1153; Accidents d'electricité sur venus en Suisse en cours L'année 1956, "Bull. SEV", 1958, N 5, p. 165-174;
112. Accidents de l'électricité en Suisse en cours l'anné 1957, "Bull. SEV", 1959, N 5, p. 190; "Schweiz. Maschinenmarkt", 1959, N 3, s. 55-60; Unfälle in elektrischen Stakstromanlagen in Schweizen, 1959-1960; "Bull. SEV", 1962, N 2; 1967, 2; 1979, N 9.
113. Killinger J. Vergleichende Untersuchungen von elektrischen Unfällen durch Gleichstrom bei Spannungen bis zu 1200 Volt in technischer Sicht. Dissertation TH Braunschweig, 1959.
114. Koch W. Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 KV, Berechnung und Ausführung, 3. Anglage, Berlin, Springer, 1961.
115. Koeppen S., EichlerR., Fölz G., Hoppe D., Hozang W., Kostka F., Osypka P. Der elektrische Unfall-Anatomische, physiologische, klinische, neurologische, psychologische Untersuchungen und technische Analysen nach Wechsel- und Glee chspannungsunfällen. "Elektromedizin", 1961, s. 215-251; 1962, s. 35-59, 90-106.
116. Koeppen S.,Panse F. Klinische Elektropathologie. Stuttgart, 1955.
117. Kouwenhoven W.B., Milnor M.D. Field Treatment of Electric Shock Cases. "Trans. Pafer", 1957, Nos 57-85; "Trans. AIEE", 1951, v. 76, p. 3, 84-88.
118. Kracmar F. Messung des Körperwiderstandes und der Körperkapazität mittels einer Wechselstrombrücke. "E. u M.", 1961, N 9.
119. Kufer J. Erkenntnisee ber zulässige Körperströme beim Menschen. Fernmeldetechnik, Berlin 20, 1980, N 5, s. 195-197.
120. Kupfer J., Stieglitz R. Unfälle durch elektrischen Strom., Berlin, Tribüne, 1973.
121. Kupfer J., Ledey W., Nikodym A., Schirmag D., Sedlattzek M. Bewrtung von Spannungsschwankungen bei Unfällen in Gleichspannungnnetzen. Der Elektro-Praktiker, berlin, 34, 1980, N 5, s. 167-170.

122. Malz W. Unfälle durch elektrischen Strom. Ursachen und Wirkungen.– "Funkamateur", 1973, N7, S.335-338.
123. Miller R. Schutzmasnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung in Niederspannungsanlagen. VEM-Handbuch 7, Auflage, Berlin, Technik, 1981.
124. Lafitte V. Le "facteur humain" dans les accidents du travail. "Revue de la nouvelle médecine", 1956, Janvier, N6, p.21.
125. Laurent P.G. Les bases generales de la technique des mises à la terre dans les installations electriques. "Bull. Soc. franc. des electriciens", July, 1951.
126. Manoiolov V. Exper. Einwireng d. elektrischen Starkstroms. "Wien. klin. Wochenschr". 1935, N 1
127. Mattuews B. The Nervous System as Electrical Instrument. "Journ. of IEE", 1948, v.95.
128. Metziger F. Wie erhöht man die Unfallsichereit von Niederspannungs Starkstrom Anlagen? "Maschin", 1963, N9.
129. Osypka P. Das elektrische Widerstandverhalten von Schulhen. "Elektro medizin", 1960, s. 150-151.
130. Osypka P. Messtechnische Untersuchungen über Stromstärke, Einwirkungsdauer und Stromweg bei elektrischen Wechselstromunfällen an Mensch und Tier. Bedeutung und Auswertung fr Starkstromanlagen. Dissertation. Frankfurt, 1963.
131. Ryder R.W. Safety Practices in USA. "El. Times", 1958, 134, N 3494, p.653-656.
132. Sardemann.R. Die Elektrizitätsversorgungen der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1955. "Elektrizitätswirttschaft", 1957, N15.
133. Schwan H.W., Piersol G.M. The Absorption of Electromagnetic Energy in Body Tissues, Part I. "Am. Journ. of Physical Med.", 1957, v. 33,N6, p. 371-374.
134. Singer F. Electric Shock and Man. "Ind. and East Eng.", 1982, N3.
135. Simon C. Unfälle durch Elektrizität in der Bundesrepublik Deutschland und in anderen europäischen Ländern. "Elektrizitätswirtschaft", 1958, N11, s.330-335.
136. Scientific Publications of the Institute of Electric Power Technical University of Wroclaw, Nos 13, 14 ... 19, Wrosslaw, 1972.
137. Swann H.W. Electrical Accidents, Past, present and Future. "El. Wholesafer" 1956, N2, p.60-62.
138. Swann H.W. Electrical Safety. London, MacDonald, 1959.
139. Taylor H.G. The Current-Leading Capacity of Earth-Electrodes. "IEE" (London), 1935, v.77, April, p.542.
140. Teresiak Z. Elektryka, XXIX, 1967 (Poland).
141. Unfallverhütung durch Einsatz vollisolierter Elektrodenhalter. "Maschinen und Werkzeug - Europa Technik", 1965, N12.
Wiesenberg W. Vorsicht beim Umgang mit elektrischen Anlagen und Geräten. ,"Metall. Handwerk", 1959, 13, N4, s. 24-25.

Wilke, Broghammer. Die Wirkung des Gleichstyomes auf das Herz bei Spannungen bis 600 Volt. Berlin, 1958.
142. Wolkowinsky K. Uziemiena urzadzen elektroenergetyczhnych. Warszawa, 1967 (Poland).
143. Young B.K. Accidents - Are They Really Necessary? - "Journ. Royal Inst. Pub. Health and Hygiene", 1955, 18, 372.
144. Zentaal. Statistuk elektrische unfällen. "Elektrotechnik und Maschinenbau", 1980, N 9 s. 402-408.

ISBN 5-03-000312-6